

no abs ✓

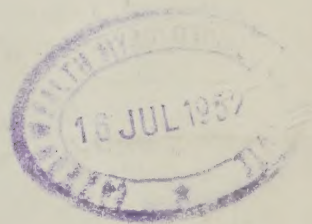
UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

ANAIIS

DO

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Volume XVIII



1951
INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA
Tapada da Ajuda
LISBOA

Anais do Instituto Superior de Agronomia

COMISSÃO DE REDACÇÃO

Prof. E. A. Mendes Frazão, *Presidente*

Prof. Luís Aníbal Valente Almeida

Prof. P. de Varennes e Mendonça

Prof. Carlos Rebello Marques de Almeida, *Director da Biblioteca*

VOLUMES PUBLICADOS

Vol. I, 1920, 238 p.; 2.^a edição, 1942, 238 p.

Vol. II, 1925, 420 p.

Vol. III, 1930, 316 p.

Vol. IV — fasc. 1.^o, 1930, 58 p.; fasc. 2.^o, 1931, 86 p.; fasc. 3.^o, 1931, 86 p.

Vol. V — fasc. 1.^o, 1932, 218 p.; fasc. 2.^o, 1932, 254 p.

Vol. VI — fasc. 1.^o, 1934, 142 p.; fasc. 2.^o, 1934, 122 p.

Vol. VII — fasc. 1.^o, 1935, 128 p.; fasc. 2.^o, 1936, 124 p.

Vol. VIII, 1937, 212 p.

Vol. IX, 1938, 432 p.

Vol. X, 1939, 266 p.

Vol. XI, 1940, 224 p.

Vol. XII — fasc. 1.^o, 1941, 204 p.; fasc. 2.^o, 1941, 482 p.

Vol. XIII, 1942, 216 p.

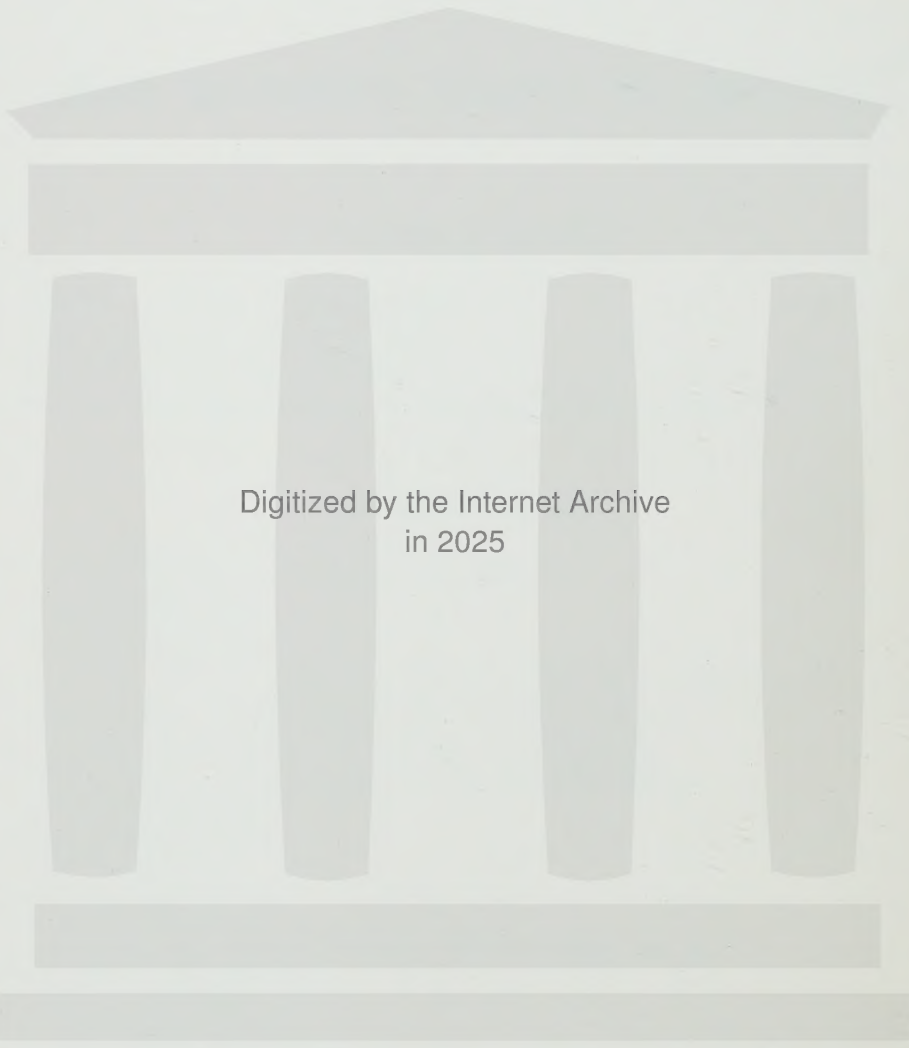
Vol. XIV, 1943, 468 p.

Vol. XV, 1945, 186 p.

Vol. XVI, 1948-1949, 148 p.

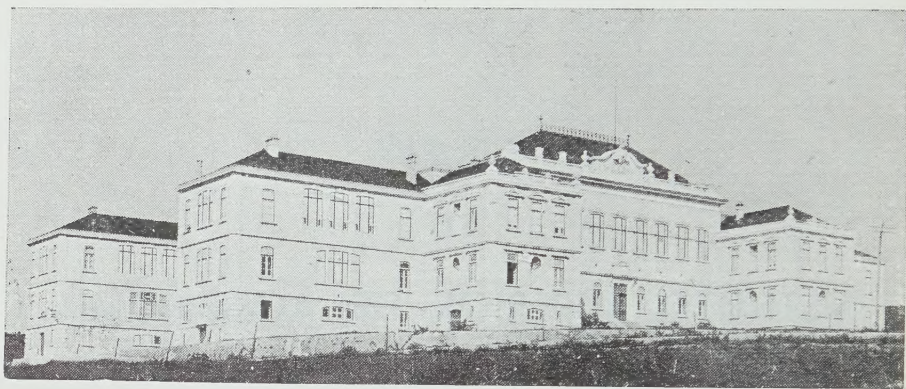
Vol. XVII, 1950, 316 p.

Vol. XVIII, 1951, 296 p.



Digitized by the Internet Archive
in 2025

ANALIS
DO
INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA



INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

ANAIIS

DO

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Volume XVIII



1951

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA
Tapada da Ajuda
LISBOA

ÍNDICE

Prof. ARTUR VASCO GARCIA

- Contribuições para o conhecimento da microbiologia do solo. I — Estudos sobre as bactérias autóctones e amibas de três talhões do campo experimental de Barnfield 1

Prof. MIGUEL CARLOS PEREIRA COUTINHO

- Aspectos anatómicos da queda da folha na *Vitis vinifera* L. 89

Profs. J. DE CARVALHO E VASCONCELLOS e J. DO AMARAL FRANCO

- A *Quercus faginea* Lam. na flora e na vegetação natural portuguesas 95

Prof. JOÃO DO AMARAL FRANCO

- Espécies do género *Agathis* Salisb. cultivadas em Portugal 99

Prof. FERNANDO RAPOSO

- Estrutura e Identificação das Madeiras das Resinosas Cultivadas em Portugal (Caracteres Microscópicos) 117

Prof. EDUARDO SILVA D'OLIVEIRA E SOUSA

- O enxugo das terras por meio de drenos (Aplicação ao seu estudo do método de analogia eléctrica) 171

Recebido em 22 de Janeiro de 1951.

CONTRIBUIÇÕES PARA O CONHECIMENTO DA MICROBIOLOGIA DO SOLO

I

Estudos sobre as bactérias autóctones e amibas de três talhões do campo experimental de Barnfield (*)

por

ARTUR VASCO GARCIA
Engenheiro Agrônomo

Circunstâncias determinantes do presente trabalho e seu objectivo

Depois de um estágio de aperfeiçoamento no laboratório da Cadeira de Microbiologia do Instituto Superior de Agronomia em que foram focados os diferentes ramos da Microbiologia Agrícola e particularmente da Microbiologia Tecnológica, ramo este que o laboratório vinha cultivando, foi julgado necessário pelo seu director, Prof. Luís António d'Almeida Goes, que um dos membros da sua equipa de trabalho se especializasse em Microbiologia do Solo a fim de alargar o âmbito dos estudos do laboratório a este incipiente mas importante ramo da Microbiologia.

Circunstâncias várias fizeram que recaísse na pessoa do autor o encargo que, embora tudo indicasse seria bastante ingrato, não podia nem devia recusar.

No desempenho desta missão, como bolseiro do British Council, fizemos um estágio no Departamento de Microbiologia do Solo da reputada Estação de Investigação de Rothamsted, sob a direcção do Dr. H. G. Thornton.

(*) Dissertação de concurso a um lugar de professor extraordinário do 2.º grupo de disciplinas do Instituto Superior de Agronomia.

Como primeira impressão desta estadia obtivemos a confirmação da conclusão a que se havia chegado no laboratório do Instituto Superior de Agronomia, de que a Microbiologia do Solo é um mundo de promessas mas de que, presentemente, se vislumbram apenas escassas realidades práticas.

Em cumprimento do plano que se havia previamente acertado, de facto o mais consentâneo com o fim que se tinha em vista, passaram-se primeiramente em revista os diferentes problemas da microbiologia do solo ao mesmo tempo que nos familiarizámos com as técnicas necessárias para o seu estudo e com a respectiva bibliografia. Em seguimento deste primeiro período de trabalho foi profundado um aspecto mais restrito de entre os mais prometedores e que maior interesse poderia ter, numa futura colaboração, na realização de trabalhos de interesse para o país.

O assunto escolhido foi o estudo das bactérias autóctones sob o ponto de vista nutricional cuja importância se realça no capítulo «O estudo das bactérias autóctones pelo método de Lochhead e o seu interesse prático».

Como complemento estudámos também as amibas nas suas relações para com as bactérias.

No decorrer deste estudo, reconheceu-se que a técnica do Método das Placas, empregado como rotina para o estudo qualitativo e quantitativo das bactérias, era deficiente porquanto se verificou a existência de numerosos factores que influenciavam os resultados e que não eram tomados em conta na sua apreciação. Daí surgiu o interesse em estudar em detalhe este método tomando em consideração aqueles factores e procurando esclarecer a influência de alguns deles; o que constituirá a continuação do presente trabalho.

I — Introdução

A) Aspectos gerais do estudo dos microorganismos do solo

A microbiologia do solo apresenta numerosos aspectos por o seu objectivo englobar não só o conhecimento dos microorganismos isoladamente mas ainda em relação ao seu meio, isto é, o conhecimento das suas actividades e funções no solo.

Como nas ciências biológicas, o estudo dos microorganismos é precedido pelo aspecto ecológico. Este é muito mais extenso que o dos orga-

nismos macroscópicos por, além de outras razões, os microorganismos não serem directamente observáveis, a sua descrição ser principalmente de ordem fisiológica dada a sua fraca diferenciação morfológica e por serem sensíveis a pequenas variações do seu meio.

Assim, a variação numérica e qualitativa dos microorganismos, na rizosfera das plantas superiores, constitui um exemplo frisante deste último aspecto pois é diferente de planta para planta e, ainda, ao longo do período de crescimento.

Por razões desta ordem, o estudo dos microorganismos reveste-se de grande complexidade apresentando numerosos aspectos que se podem agrupar, em linhas gerais, da seguinte forma:

- 1) Estudo dos microorganismos isoladamente.
- 2) Estudo das relações dos microorganismos entre si.
- 3) Estudo dos microorganismos em relação aos outros seres vivos do solo.
- 4) Estudo dos microorganismos em relação ao seu meio físico-químico.
- 5) Estudo da influência das modificações físicas, químicas e biológicas do solo sobre os microorganismos.

Com o conhecimento dos quatro primeiros aspectos, adquirido no estudo de toda a gama de solos naturais e com recurso ao zoólogo, botânico, físico e químico, teoricamente o microbiologista passaria, com relativa facilidade, ao aspecto da intervenção do homem nos solos naturais que é o objectivo da alínea 5.

As modificações compreendidas neste último aspecto são as resultantes das lavouras, correcção do pH, adubações, queimadas, substituição da flora espontânea por outras plantas, rotações, etc. O microbiologista estudaria o tipo de desequilíbrio e o ajustamento da população microbiana às novas condições e até os poderia prever visto, nesta altura do seu estudo, conhecer perfeitamente através da ecologia experimental e natural, os princípios a que devem obedecer.

O programa teórico anteriormente delineado que, na sequência e disposição dos assuntos, se apresenta logicamente orientado em relação ao seu objectivo surge, porém, cheio de dificuldades quando se considera a sua realização prática. Estas dificuldades são maiores precisamente na sua parte fundamental: os métodos e técnicas de estudo.

Em virtude da natureza dos microorganismos, o primeiro passo a dar para o seu estudo é o seu isolamento em cultura pura. Logo aqui

os métodos e técnicas deixam muito a desejar, tanto no que diz respeito à possibilidade de isolamento de todos os microorganismos do solo, como do seu desenvolvimento em massa suficiente para se poderem estudar subsequentemente.

O único método até hoje aplicável ao solo para o isolamento da microflora é o das placas. Este método, utilizado para a obtenção de culturas puras das diferentes espécies, serve também para a sua enumeração. Esta faz-se ou por meios de cultura o menos possível selectivos a fim de abranger o máximo número de espécies e conhecer as suas proporções em relação à totalidade desenvolvida, ou por meios selectivos que nos dão apenas o número de elementos pertencentes a grupos de actividades fisiológicas definidas.

Neste segundo caso pode empregar-se também o método das diluições sucessivas até à extinção da actividade considerada, o qual é igualmente aplicável à microfauna.

A contagem pelo método directo, apenas aplicável à amostra diluída, fixada e corada, dá-nos a totalidade das células não distinguindo, porém, as vivas das mortas. O método directo, não obstante esta imperfeição, pelos números altíssimos a que conduz em comparação com as contagens pelo método das placas, leva-nos a desconfiar seriamente deste último, sempre de contagens 100 a 1.000 vezes inferiores às obtidas pelo método directo. Daí a preocupação dos microbiologistas em aperfeiçoar o método das placas, tanto em relação à composição dos meios de cultura, tendo em vista abranger maiores números, como no rigor da técnica quantitativa, estudos estes que, pelo desenvolvimento que têm tomado, constituem quase um novo aspecto a acrescentar aos cinco mencionados, para não dizer um ramo independente da microbiologia.

Ainda dentro do primeiro aspecto considerado no programa, ignorando o facto grave de se tomar parte da microflora pelo todo, a maior dificuldade — presentemente insolúvel — está em obter um meio de cultura igual ao natural e ao mesmo tempo estéril, ou seja, esterilizar terra sem a alterar, visto os resultados do estudo dos microorganismos nos meios artificiais do laboratório não garantirem que os mesmos resultados se continuem a verificar em condições naturais.

Pela mesma razão, somos levados a estudar os microorganismos em presença de outros e os aspectos contidos na segunda alínea do programa — sinergia, estímulo, antibiose e acção depredatória — mesmo realizados apenas entre microorganismos representativos da população geral, dariam lugar a um elevadíssimo número de combinações visto estas não serem limitadas apenas às de dois microorganismos.

O aspecto considerado em terceiro lugar, que inclui os organismos submicroscópicos até às plantas superiores, é ainda mais extenso e complexo.

Os estudos da quarta alínea, que devem realizar-se em conjunto com os anteriores, são efectuados com terra de diferente natureza química e física, em relação à temperatura, humidade, pH, arejamento, actividade sobre os compostos químicos desde os puros aos de ocorrência corrente na economia dos solos.

Pelas dificuldades apontadas e pela sua extensão utópica, este esquema teórico é praticamente irrealizável. Porém, nas suas linhas muito gerais, é o seguido pelos microbiologistas do solo — os da ciência pura.

Este grupo reduzido de investigadores encontra-se ainda quase exclusivamente confinado ao estudo das culturas puras, feitas geralmente em meios artificiais e menos frequentemente em terra esterilizada. Existem também estudos em cultura mista (combinação apenas de dois microorganismos) entre a microfauna e a microflora (acção depredatória) e de elementos da microflora entre si (acção sinérgica, estimulativa e antibiótica).

Os métodos de isolamento e contagem, sucessivamente aperfeiçoados, têm sido aplicados extensivamente à ecologia a fim de obter indirectamente elementos relativos às actividades dos microorganismos *in loco* dada a dificuldade de reconstituir analiticamente as condições naturais, e verificar a validade dos estudos efectuados nas condições artificiais do laboratório. Assim, existem numerosos estudos sobre a distribuição dos microorganismos e a sua variação numérica e qualitativa em relação a diversos factores incluindo o da presença das plantas superiores — efeito rizosférico — que, dentro dos aspectos englobados na alínea três, é possivelmente o factor de interacção mais importante.

Todos os aspectos do programa têm sido também abordados por esta forma, especialmente o dos solos cultivados para o qual intuitivamente se tende.

Os investigadores dedicados à microbiologia dos solos agrícolas são os mais numerosos e quase todos eles têm em vista, nos seus estudos, a aplicação prática. Estes microbiologistas encaram o estudo da microbiologia do solo com a planta superior em figura central, interessando-se apenas pelos microorganismos cujas actividades reconhecidamente tenham influência quer na alimentação da planta, quer nas condições do seu meio físico e biológico.

Em relação à influência na alimentação da planta, tem sido efectuado grande número de estudos sobre os microorganismos proteolíticos,

amonificantes, nitrificantes, fixadores de azoto livre, os que atacam os polisacaridos, etc. Estes estudos, embora se encontrem ainda na fase das culturas puras em meios artificiais e em terra esterilizada, nem por isso têm deixado de fornecer elementos importantes sobre as condições de decomposição e oxidação de materiais orgânicos e minerais de interesse agrícola.

Quanto à influência nas condições do meio físico e biológico, por englobar actividades microbianas menos reconhecíveis, excepção feita aos patogénicos do solo cujo estudo é do domínio da fitopatologia, os trabalhos realizados são em muito menor número.

Tal como nas outras ciências do solo — a física e a química — a microbiologia tem também tomado o aspecto da avaliação expedita da fertilidade e produtividade. Esta avaliação tem sido feita por métodos puramente microbiológicos como as contagens totais (métodos directos e culturais) e as contagens parciais de grupos de actividades de reconhecido interesse, ou por métodos bioquímicos que medem a actividade destes grupos.

Estes últimos métodos, apesar de serem utilizados muitas vezes pelos microbiologistas, não são propriamente métodos da microbiologia, pertencem antes a um ramo da química agrícola intimamente ligado à microbiologia do solo e conhecido por metabolismo do solo.

No estudo do metabolismo do solo a amostra de terra é considerada como um único organismo vivo capaz de digestão, síntese e oxidação dos materiais mais variados; pelo que este estudo é perfeitamente realizável sem o concurso do microbiologista.

Há ainda a mencionar o método de Winogradsky em que, na amostra de terra amassada com água e incubada, se estuda, pela observação directa, o equilíbrio dos grupos morfológicos indicadores. O aspecto mais interessante deste método reside no facto de, quando se junta um material energético hidrocarbonado às «plaques de terre moulée», as condições de desenvolvimento do *Azotobacter* fornecem indicações sobre a sua riqueza em azoto, fósforo e cálcio.

B) Principais grupos de microorganismos do solo

A fim de que se possa formar uma ideia do conjunto da microflora e da microfauna do solo apresentam-se seguidamente, ainda que de uma forma muito sumária, os principais grupos de microorganismos. As bacté-

rias são tratadas com mais detalhe não só pela sua importância como pelo interesse que o seu conhecimento tem para a apreciação do presente trabalho.

1) Bactérias

Nas terras aráveis as bactérias são, de longe, o grupo mais numeroso. Pelo método das placas obtêm-se, em solos de boa fertilidade, números da ordem das dezenas de milhões por grama e, pelo método directo, alguns biliões embora sem distinção entre vivas e mortas. Estes números referem-se a solos em relativo repouso bioquímico e aos primeiros centímetros logo abaixo da superfície: as contagens diminuem com a profundidade sendo mais altas na proximidade das raízes das plantas e durante a decomposição de material orgânico incorporado. Variam também notavelmente com a estação do ano verificando-se flutuações ligeiras de dia para dia e até dentro do mesmo dia.

As contagens mais baixas registam-se nas terras pobres ou muito ácidas onde os números são da ordem das centenas ou mesmo das dezenas de milhar (métodos culturais).

Tomadas como um todo, as bactérias podem-se considerar um grupo completo tanto na sua capacidade de decompor toda e qualquer molécula orgânica (excepção feita à lenhina) e de a levar à forma assimilável pelas plantas, como pela sua adaptação a todas as condições do meio.

As bactérias estão compreendidas nos dois grupos gerais autotrófico e heterotrófico.

O primeiro é representado no solo apenas por elementos quimiosintéticos que são os caracterizados por uma assimilação exclusivamente inorgânica obtendo a sua energia para síntese da oxidação do amoníaco, enxofre, ácido sulfídrico, etc., pelo que são de capital importância para as plantas superiores. Estas bactérias encontram-se em número muito reduzido mas a sua importância deriva do facto de serem os únicos seres quimiosintéticos do solo.

O segundo grupo, que abrange as restantes bactérias, tem uma alimentação fundamentalmente dependente da matéria orgânica, isto é, tanto o carbono absorvido para síntese como a sua fonte de energia são necessariamente da forma orgânica.

Este grupo compreende, além de elementos das mais variadas actividades, numerosos organismos com a possibilidade exclusiva de realizar transformações importantes. Como exemplo destas temos o ataque à celulose em condições anaeróbicas e a fixação do azoto elementar. Esta pode ser simbiótica ou não, sendo os fixadores livres representados também por elementos anaeróbios e adaptáveis a condições de pH baixo.

Os esporos das bactérias são muito resistentes a condições adversas do meio, em especial às altas temperaturas constituindo, neste aspecto, uma notável excepção em relação a todos os outros seres vivos. Como as espécies de bactérias esporuladas são, na sua maioria, de grande capacidade metabólica devem ser as responsáveis pelo incremento na amonificação observado nos solos parcialmente esterilizados, incremento este derivado da eliminação da concorrência dos outros microorganismos e da mobilização do azoto das células mortas.

Em todos os solos existem bactérias autotróficas e heterotróficas as quais, além de directamente relacionadas com o ciclo dos elementos necessários à manutenção das plantas, são da máxima importância como alimento para a maioria dos organismos holozóicos microscópicos. São também importantes, pelos seus fixadores de azoto livre, na correcção da relação carbono-azoto no solo, quando alta; esta relação, quando baixa, é acertada pelos autotróficos fotosintéticos superiores duma forma por vezes bem visível.

A forma fundamental e mais prática de considerar a flora bacteriana e os outros microorganismos do solo, é a apresentada por Winoogradsky. Este investigador dividiu os microorganismos do solo em zimogénicos e autóctones.

Os primeiros atacam a matéria orgânica facilmente decomponível e evidenciam-se quando esta é incorporada no solo. O seu número eleva-se notavelmente nesta altura, desaparecendo quase por completo quando restam apenas os resíduos mais resistentes da matéria orgânica atacada. Voltando a vida do solo a um estado de relativa calma bioquímica a análise encontra uma flora dominante — a autóctone — aparentemente inactiva, segundo as provas bioquímicas clássicas, que vai lentamente dando cumprimento à lei universal da oxidação completa da matéria orgânica.

As bactérias autóctones apresentam-se, nas observações directas, como bastonetes curtos ou cocoides; as zimogénicas como bastonetes mais ou menos regulares, esporulados ou não, células do tipo *Cytophaga*, *vibrios*, etc.

Qualquer estudo analítico de microbiologia dos solos aráveis deve entrar em consideração com as bactérias não só pela sua grande importância como agentes transformadores, como por serem os primeiros na série em que se apoiam as sucessões de seres cada vez maiores.

*

*

*

Foi o estudo do grupo das bactérias autóctones, como já se referiu, que tomámos como objectivo do nosso trabalho por ser uma possível constante dos solos em contraste com o zimogénico que é função do material incorporado em franca decomposição. Evidentemente que a microflora autóctona é também, em parte, função da composição do solo, função da sua história passada. Um solo de dominação autóctone necessariamente possuirá elementos zimogénicos não só como ponto de partida para os grandes números que se registam, por exemplo, na altura das estrumações, como também porque há necessidade de actividade zimogénica nas primeiras fases de decomposição dos organismos microscópicos que sempre existem no solo, por mais pobre que seja.

2) **Actinomicetas**

Por actinomicetas designam-se correntemente as Actinomycetales superiores dos géneros *Streptomyces* e *Micromonospora*. O primeiro género é aeróbio e constitui a grande maioria; o segundo género é microaerofílico e relativamente raro encontrando-se na proporção de 1 a 2 % em relação ao primeiro.

Estes microorganismos miceliares encontram-se filogeneticamente ligados às bactérias pelos géneros *Proactinomyces*, *Mycobacterium* e *Corynebacterium*, todos Actinomycetales. Uma grande percentagem da microflora autóctone é formada por estas bactérias e por actinomicetas.

Como organismos miceliares conidiais a sua contagem pelos métodos culturais está sujeita a erros visto estes contarem, sem distinção, tanto fragmentos de hifa como unidades inactivas (esporos) obtendo-se, portanto, uma ideia errada da sua massa activa, se as colónias contadas tiverem derivado na sua maioria de esporos.

A riqueza dos solos em actinomicetas e outros microorganismos miceliares como os fungos, deveria exprimir-se em massa de micélio, o

que é possível pela contagem directa acompanhada da medição dos fragmentos de hifa. Porém, esta forma de contagem está muito pouco generalizada e os números de actinomicetas apresentados na literatura referem-se todos a colónias obtidas pelo método das placas.

A percentagem de actinomicetas nas placas de contagem de bactérias (o mesmo meio de cultura serve para os dois grupos) pode ir de 20 a 40 % da população total podendo passar de 60 %, nas camadas profundas do solo.

São geralmente muito abundantes nos solos neutros e ricos em matéria orgânica ainda por decompor e menos numerosos em condições ácidas e muito húmidas.

Muitas espécies apresentam intensa actividade zimogénica, contudo a sua constante abundância no solo indica que devem também fazer parte activa da microflora autóctone. Reconhecidamente autóctones são as espécies de *Micromonospora* que atacam a lenhina.

Os actinomicetas são também considerados de importância na formação dos aglomerados térreos e são conhecidos como produtores de antibióticos. Esta propriedade tem sido utilizada na medicina e até, indirectamente, na própria agricultura (caso de combate à sarna da batata).

3) Fungos

Estes microorganismos miceliais são menos abundantes que as bactérias apresentando contagens pelos métodos culturais da ordem das dezenas ou das centenas de milho, consoante a riqueza orgânica do solo.

A avaliação da sua abundância está sujeita aos mesmos reparos que a dos actinomicetas.

Os fungos são heterotróficos aeróbios, de intensidade e variedade de actividades bioquímicas comparáveis às das bactérias, excepção feita à fixação do azoto. Se bem que a sua contagem seja inferior, pela grande massa das suas unidades (segmentos de hifa) podem representar uma actividade 100 a 1.000 vezes maior do que a de igual número de bactérias.

As actividades mencionadas em relação aos actinomicetas — antibiose e melhoramento da estrutura dos solos — são exercidas pelos fungos em maior grau. A sua importância na decomposição de materiais orgânicos é, em condições aeróbicas, igual ou maior que a das bactérias visto, além de morfológicamente mais adaptados à penetra-

ção dos substractos, serem mais sóbrios no aproveitamento da energia sintetizando relativamente mais material celular que os outros microorganismos; o seu protoplasma é, pela sua composição e massa, depois de decomposta, a mais importante contribuição microbiana para a reserva húmica do solo.

Os fungos dos solos aráveis são, na sua grande maioria, Deuteromicetas e Ficomicetas. Os Basidiomicetas, em menor número nestes solos mas abundantes nos florestais, são notáveis no ataque a materiais orgânicos resistentes e são os organismos por excelência decompositores da lenhina. Estes fungos e os Ficomicetas são os mais generalizados na formação das conhecidas micorizas as quais se verificam também nos solos aráveis em muitas culturas.

Os fungos, em regra, são de grande adaptabilidade sendo os microorganismos dominantes nas terras muito ácidas e nas mantas florestais onde a alimentação micotrófica parece generalizada nas plantas superiores.

A adaptabilidade dos fungos reflecte-se na existência de muitas espécies depredadoras em relação a protozoários e nemátodos.

4) Algas

São seres fotosintéticos que nas formas inferiores (as únicas no solo) derivam para o heterotrofismo quando as condições não favorecem o seu modo de vida normal. Isto aplica-se em especial às Cianofícias, várias das quais são fixadoras do azoto livre, actividade até aqui só verificada em condições restritas (arrozais da Índia).

A contagem nesta família apresenta dificuldades visto muitas espécies serem capsuladas e formarem zoogleias. Parecem, contudo, abundantes especialmente nos solos húmidos em que formam grandes massas de células visíveis a olho nu.

Nas outras famílias, Clorofícias e Diatomáceas, os números oscilam, em condições normais, entre o milhar e a centena de milhar, e algumas dezenas a poucas centenas, respectivamente.

Em geral as algas apreciam os meios húmidos mas, contrariamente ao que se costuma supor, podem manter-se activas quando a secura não é grande, reduzindo-se o seu número e passando a formas de resistência à medida que a secura se for tornando excessiva.

O heterotrofismo, parece bastante generalizado nas algas que apre-

sentam, em muitas espécies, maior abundância nas camadas inferiores do solo.

Em relação aos outros elementos da microflora as algas apresentam uma maior preferência pelo azoto nítrico podendo contribuir para evitar a sua perda. À superfície, como fotosintéticas, valorizam o solo sintetizando matéria orgânica suplementar.

5) Protozoários

Estes componentes da microfauna dependem directamente dos grupos anteriores, para a sua manutenção, visto serem todos holozoicos, à excepção de alguns flagelados.

Nos solos aráveis, as amibas consideram-se como os protozoários mais importantes por serem os depredadores mais activos das bactérias.

As amibas também consomem algas, fungos unicelulares, esporos e fragmentos de hifa mas, por sua vez, encontram depredadores em vários fungos.

Os flagelados, os mais pequenos e numerosos, também se alimentam de bactérias mas têm menos influência na limitação do seu número.

O número de flagelados pode atingir várias centenas de milhar; as amibas geralmente não passam muito dos cinquenta mil.

Os ciliados, à parte as amibas gigantes, são os maiores e os menos abundantes oscilando o seu número ordinariamente entre as dezenas e as centenas; são os que mais células consomem por unidade de tempo, mas só se fazem notar em condições de humidade relativamente alta.

As amibas e flagelados não parecem ser muito afectados pela secura nem pelo pH do meio. Tem-se verificado, porém, que são tanto mais abundantes quanto mais alto é o teor em matéria orgânica do solo.

As diferentes espécies de protozoários mostram frequentemente uma grande selectividade na sua alimentação podendo desempenhar uma função importante no condicionamento quanto-qualitativo da microflora.

A acção depredatória dos protozoários sobre as bactérias tem sido também interpretada pelo lado benéfico. efeito esse que resultaria da manutenção das bactérias num estado constante de rejuvenescimento e, portanto, de máxima actividade. Há indicações experimentais em culturas de *Azotobacter* duma maior actividade fixadora quando em presença de protozoários activos.

6) **Mixomicetas**

Os plasmódios (*Myxomycetae*) geralmente de dimensões macroscópicas são, em condições laboratoriais, os maiores consumidores de células microbianas; porém, parecem limitados às mantas florestais sendo pouco frequentes nas terras aráveis. As *Acrasiae* são relativamente frequentes e indistinguíveis das amibas vulgares, na sua fase vegetativa, enquanto que, na fase frutificante, são confundíveis com algumas mucoráceas.

7) **Nemátodos**

Na escala em direcção ao submicroscópico encontramos este importante grupo de invertebrados cuja massa tem sido calculada nalguns solos em 5 g/m^2 e cuja actividade metabólica medida em oxigénio consumido atinge $1.000 \text{ cm}^3/\text{kg. h.}$, 10 vezes mais que igual massa de minhocas. Atingem-se aqui as fronteiras do especialista da fauna do solo mas mencionamos estes organismos por muitas espécies se alimentarem de elementos da microflora e microfauna e por vários fungos depredadores se utilizarem destes animais para seu alimento.

C) **Aspectos da microbiologia do solo aplicada à agricultura**

As actividades desenvolvidas pelo microbiologista no campo prático podem-se repartir por três aspectos:

1. Inoculação do solo com microorganismos úteis;
2. Modificação do meio para o favorecimento da actividade de determinados microorganismos;
3. Avaliação da fertilidade e produtividade do solo.

No primeiro aspecto costuma-se incluir a conhecida inoculação das sementes das Leguminosas com boas raças de *Rhizobium*, de frequentes resultados concretos pelo que se tem generalizado em vários países.

A inoculação do solo com determinados microorganismos tem tido alguns sucessos apenas nos casos em que aqueles faltam ou são em número reduzido, o que está invariavelmente ligado às condições improprias do meio para a sua actividade.

Em regra o condicionamento do meio por si dá lugar ao restabelecimento da actividade em vista mas, juntamente com a inoculação com raças muito eficientes, a recolonização do solo em questão é muito acelerada.

Estas inoculações têm sido efectuadas com microorganismos não simbióticos fixadores de azoto e os da decomposição da celulose, no caso de solos muito ácidos e dos turfosos corrigidos.

O abaixamento do pH do solo pela acção do *Th. thiooxidans* sobre o enxofre tem-se empregado no combate à sarna da batata. Outra inoculação de interesse para a fitopatologia é a dos fungos depredadores, no caso de doenças causadas por nemátodos.

Há ainda a mencionar o caso recente de aproveitamento de fungos de actividade antibiótica contra os patogénios das raízes de plantas que, embora se encontre na fase experimental, é já bastante prometedora.

No segundo aspecto, os estudos realizados sobre alguns microorganismos activos na decomposição e oxidação de materiais incorporados no solo têm revelado as condições para a sua actividade óptima, mas aqui o agricultor adiantou-se às conclusões do microbiologista sendo de emprego corrente, na prática agrícola, operações como a correcção do pH para a melhor decomposição da matéria orgânica.

O condicionamento do meio é, na realidade, a única forma prática de afectar as actividades dos microorganismos do solo, dado o equilíbrio dinâmico existente entre os elementos do complexo microbiológico, e é a condição do sucesso das inoculações mesmo no caso do *Rhizobium*.

O futuro do microbiologista prático encontra-se na exploração de factores como a correcção do pH, escolha dos adubos orgânicos apropriados, proporção dos elementos fertilizantes minerais, e o arejamento resultante dos amanhos da terra, factores estes conhecidos de longa data mas susceptíveis de, quando empregados criteriosamente em face do conhecimento dos microorganismos responsáveis por actividades determinadas, resolver problemas importantes. Por exemplo, no campo do melhoramento da estrutura do solo têm sido efectuados vários estudos mas falta ainda o conhecimento exacto do jogo dos factores indicados para a sua aplicação.

De aplicação prática é o aproveitamento do desenvolvimento de microorganismos produtores de antibióticos contra o agente da sarna da batata, quando se faz uma incorporação macissa de adubo verde. Porém, aqui, o microbiologista apenas deu a explicação do procedimento depois de aplicado.

No terceiro aspecto, em relação às contagens, nem as totais nem as parciais de grupos de actividades importantes, têm estabelecido correlações consistentes com a produtividade dos solos. Estes resultados não são de surpreender dada a variedade de factores que intervêm na produtividade, além de que os métodos de contagem ainda se não encontram suficientemente aperfeiçoados. Por outro lado, o significado duma contagem é muito contingente por o número de microorganismos variar bastante com as condições de colheita da amostra para análise, estação do ano, estado de actividade bioquímica do solo, a planta cultivada (presença, natureza e altura do ciclo de crescimento), humidade do solo, temperatura, etc.

A apreciação feita pelos métodos do metabolismo do solo, mais em conformidade com as condições reais, dá-nos a dinâmica das actividades químicas mais importantes e é extremamente prometedora. Não se pode, porém, considerar um método pertencente ao microbiologista do solo.

A avaliação dos elementos assimiláveis no solo pelo emprego de microorganismos, de reconhecida utilidade na determinação de elementos mínimos, é derivada da microbiologia geral. Própriamente da microbiologia do solo procede apenas o método de Winogradsky, indicador grosseiro mas prático, em relação ao azoto, fósforo e cálcio.

Do valor reduzido da maioria das aplicações acima indicadas se compreende como o microbiologista do solo, se bem que tenha contribuído muito para a explicação de certos fenómenos e a razão de muitos procedimentos tem sido, como regra, em relação aos problemas práticos, um expectador interessado mas relativamente passivo, limitando-se a registar simplesmente os efeitos benéficos do bom manejo das terras sobre a actividade de alguns grupos de microorganismos e os efeitos desfavoráveis, no caso contrário.

O quadro prático, duma forma geral, não é prestigiante para o microbiologista e é mesmo desanimador se nos associarmos a Conn no seu pessimismo que considera a inoculação das Leguminosas a única contribuição da microbiologia do solo afectando a prática agrícola.

Este investigador, revendo os trabalhos realizados, aponta como as tentativas de entrar nos aspectos práticos por processos pouco analíticos têm antes atrasado o conhecimento dos microorganismos do solo no seu conjunto e preconiza que se abandonem esses processos de «cortar por atalhos» e se regresses à ciência pura onde, se bem que a longo prazo, pela aquisição de melhores conhecimentos se chegará à solução dos problemas práticos.

De facto, como foi apontado na primeira parte desta introdução, os microbiologistas interessados nos solos agrícolas têm-se dedicado quase exclusivamente aos microorganismos de actividades facilmente reconhecíveis deixando em segundo plano os outros, os microorganismos autóctones.

Apareceu, porém, recentemente um grupo de microbiologistas — Lochhead e sua escola — que, se bem que tenham tomado em consideração apenas as bactérias autóctones, deram uma nova orientação à microbiologia do solo, não só em relação à ciência pura como à microbiologia aplicada.

D) O estudo das bactérias autóctones pelo método de Lochhead e o seu interesse prático

As bactérias autóctones que, em condições de estabilidade bioquímica do solo, formam a grande maioria da microflora têm sido praticamente ignoradas até agora, aparentemente pelo simples facto de não apresentarem actividades suficientemente características ou intensas susceptíveis de apreciação prática no laboratório.

Lochhead abordou o estudo destas bactérias pela classificação nutricional e dividiu-as, segundo o seu grau de heterotrofismo, em grupos desde os completamente autónomos em presença da glucose e sais, até aos necessitando de amino ácidos e factores de crescimento em conjunto.

A observação do comportamento de uma bactéria isolada do solo numa série de determinados meios, crescente quanto à complexidade da sua composição, rapidamente a coloca num dos chamados grupos nutricionais.

Ora a proporção de membros de cada um destes grupos tem sido correlacionada com o estado de saúde, por assim dizer, do solo; um equilíbrio entre grupos correspondendo a um solo biologicamente equilibrado, um determinado grupo em predomínio sobre os outros indicando um estado patológico, realizado ou em preparação, em relação às plantas cultivadas nesse solo. Vários trabalhos recentes têm posto em foco as relações entre o estado de equilíbrio da microflora bacteriana autóctone e a sua influência na preparação do campo para a actuação dos patogénios do solo, estabelecendo-se uma directriz nova em que o microbiologista do solo e o fitopatologista podem e devem trabalhar lado a lado.

Foi este o aspecto, além do seu interesse para a colaboração com o patologista, que nos interessou tanto pelo facto de se poder agrupar rapidamente qualquer bactéria como pelo significado que o registo quantitativo dos grupos pode ter na determinação do estado de equilíbrio de um solo ou, dado o efeito rizosférico, duma planta em relação ao mesmo solo. A utilidade dos grupos nutricionais poderia estender-se à apreciação dos efeitos de quaisquer operações sobre o solo tomando-se os grupos como ponto de referência não só na medição das variações como para determinar o sentido em que o deslocamento do equilíbrio foi efectuado. Além disso, dada a influência modificadora da planta cultivada sobre a microflora (efeito estimulativo e selectivo da rizosfera), é possível que o microbiologista do solo tenha, no futuro, alguma coisa a dizer sobre as sucessões de plantas mais convenientes nas rotações.

Porém, o interessante nisto tudo é a possibilidade de, nalguns casos, intervir na modificação do equilíbrio biológico, no sentido favorável, por meio da incorporação de hidratos de carbono e, noutros casos, por adubações verdes de certas espécies de plantas (1, 2, 3).

A importância prática da classificação nutricional pode ser apreciada pelo relato resumido dos conhecimentos obtidos pela sua aplicação que seguidamente se apresentam:

Os solos mais férteis tendem a apresentar maior número de indivíduos dos grupos de requisitos complexos; os mais pobres mostram predomínio do grupo nutricional mais simples (4).

O equilíbrio entre grupos varia com o estado do solo, a estação, a natureza da planta cultivada e o seu crescimento, sendo estes dois últimos factores os mais importantes (5, 6, 7).

Nos solos doentes o índice de equilíbrio decresce com a intensidade do mal apresentando a rizosfera da planta cultivada um abaixamento ainda mais notável deste índice em relação ao do solo fora da influência do raizame. No caso de solos equilibrados, regista-se um valor superior para a rizosfera em relação ao solo não rizosférico (3). Em qualquer dos casos o solo da rizosfera apresenta sempre maior número total de bactérias (dezenas de vezes o do solo não rizosférico) mas o seu índice de equilíbrio é diferente: os grupos B e A (ver alíneas 4 e 5 da secção — Métodos) aparecendo em maior proporção (8).

O estímulo do grupo A atribui-se à produção de amino-ácidos por excreção das raízes e decomposição de segmentos dos mesmos. As bactérias, necessitando de factores de crescimento, não são estimuladas como era de esperar (as raízes também excretam vitaminas) por o grupo B

exercer sobre elas acção antagónica, sucedendo o contrário com o grupo A que é estimulado por ele (9).

A razão do incremento do grupo B é desconhecida. Uma das suas parcelas, o grupo 3, encontra-se em elevada proporção nos casos de doença e, dentre plantas da mesma espécie mas de susceptibilidade diferente à doença, a planta mais susceptível mostra na sua rizosfera uma incidência maior desse sub-grupo indesejável e, portanto, um índice de equilíbrio mais baixo (10).

À verificação da correlação entre o grupo 3 e o desequilíbrio nos seus vários graus até à doença claramente manifesta, seguiram-se os estudos por West e Hildebrand (1, 2) dos efeitos das adubações orgânicas e em verde no abaixamento da percentagem deste grupo e a importantíssima observação do correspondente desaparecimento da doença.

Nas experiências de adubação verde verificou-se a existência de dois factores distintos: o efeito rizosférico da planta empregada e o efeito resultante do seu enterramento e consequente decomposição. Nas plantas experimentadas, a soja e o trevo, observaram-se efeitos rizosféricos respectivamente desfavorável e favorável, porém, após o enterramento deu-se precisamente o inverso. Experiências laboratoriais da decomposição feitas sobre folhas e caules das plantas, inoculadas com terra doente, deram para a soja uma fermentação ácida aromática e para o trevo uma fermentação pútrida. As bactérias isoladas destas fermentações corresponderam à expectativa: a soja com alto índice e o trevo com índice de baixo valor (alta ocorrência do grupo 3). No restabelecimento de terras doentes, ensaios em pequena escala mostraram que a glucose era muito superior à soja.

No estudo da podridão radicular do morangueiro em vários graus em que os agentes responsáveis têm sido considerados fungos e nemátodos, as correlações obtidas entre o grau de infecção por estes microorganismos e o estado das plantas não foram satisfatórias, mas ao entrar em conta com o índice de equilíbrio bacteriano obteve-se correlação perfeita com o estado da planta (expresso em peso de raizame e aspecto). Além disso, em milhares de contagens de fungos e nemátodos à superfície das raízes apareciam muitos casos de aspectos necróticos sem a presença dos referidos microorganismos mas também sem a observação inequívoca de bactérias dentro dos tecidos. Isto levou a concluir que os agentes primários poderiam não ser os citados parasitas mas que estes actuavam num ataque manifesto depois do campo (superfície das raízes) se encontrar preparado ou predisposto para a sua acção.

Experiências com bactérias em que o aspecto analítico tomou a forma do emprego de culturas puras mistas, obtidas de rizosferas de plantas doentes e saudáveis, deram, quando inoculadas em porções de raiz saudável, respectivamente tecidos moles e descorados passando para escuro, e tecidos brancos e consistentes.

Num solo doente, de baixíssimo índice de equilíbrio bacteriano, obteve-se uma escala crescente de índices pelos seguintes tratamentos: estrume, adubações em verde de trevo e de soja e esterilização a vapor. Os resultados foram os seguintes:

Tratamento	Severidade da doença	Índice de equilíbrio bacteriano	
		Rizosfera	Solo à parte
Testemunha.	11	-46	10
Trevo.	7	-2	13
Estrume	3	0	19
Soja	1	30	32
Esterilização	0	44	35

Um ponto importante a focar é a correlação entre o índice bacteriano e a saúde da planta que, noutra experiência semelhante, também se exprimiu em rendimento em matéria seca. Esta correlação do índice de equilíbrio bacteriano com a produtividade indica que o equilíbrio do meio biológico é um factor a considerar nos estudos do rendimento das culturas. É também possível que se venham a apreciar as fases intermédias na transição entre a planta altamente vigorosa e a nitidamente doente por reconhecível ataque de agentes do solo e assim intervir num aspecto da produtividade não abrangido directamente pelo físico e químico agrícolas nem pelo fitopatologista através dos seus métodos próprios.

Se bem que estas experiências tivessem sido limitadas quanto a tipos de solo e a doenças de raízes (outra série de resultados semelhantes foi obtida com a sarna da batata (3)) os factos são suficientemente eloquentes para justificar as investigações relativas a este campo.

Recentemente registaram-se no nosso país três casos de desaparecimento da doença do pús da batateira após o enterramento da cultura atacada. A explicação destes casos parece-nos óbvia à luz dos conhecimentos expostos.

II — Material de estudo e métodos

A) Material de estudo

As amostras de terra sobre que recaíram os estudos apresentados neste trabalho tiveram as seguintes origens:

1) Campo experimental de Barnfield

Talhões 8-0, 1-0, e 4-A que designamos respectivamente por A, B e C. As suas características são as seguintes: O talhão A não recebe adubação de qualquer natureza. O talhão B é estrumado anualmente à razão de 14 t/ha. O talhão C é adubado todos os anos com os seguintes sais (em quilogramas por hectare): sulfato de amónio, 500; superfosfato de cálcio, 475; sulfato de potássio, 625; sulfato de magnésio, 250; cloreto de sódio, 250. Este tratamento dos talhões data de 1843.

Estes talhões são cultivados apenas com nabo forrageiro e as folhas enterradas nos respectivos terrenos. A cultura contínua do nabo foi iniciada em 1874, tendo sido as culturas anteriores o tupinambo, a cevada e a beterraba sacarina.

Os rendimentos (média de 1874 a 1940) foram respectivamente (toneladas por acre) de cerca de: 3 para o talhão A, 17 para B e 15 para C.

2) Campo experimental de Broadbalk

Talhões 3, 2 e 7 que designamos igualmente por A, B e C por corresponderem aos de Barnfield no respectivo tratamento que difere apenas para o talhão C, nas quantidades adicionadas dos seguintes sais: sulfato de potássio, 278; sulfato de magnésio, 125; e cloreto de sódio, 125.

A planta cultivada exclusivamente é o trigo, continuamente desde 1843 até 1925 e com pousio de 5 em 5 anos desde esta última data estando para o efeito divididos em 5 faixas.

Os ensaios de fertilização vêm sendo realizados desde 1843.

Os rendimentos obtidos na média de 74 anos, antes da introdução do pousio, foram respectivamente (bushels per acre): 12 para o talhão A, 34 para B e 30 para C.

O terreno tanto em Barnfield como em Broadbalk pertence à formação denominada «clay with flints» sendo o primeiro mais argiloso tendendo para pesado, enquanto o segundo é mais leve e ligeiramente arenoso.

Dois motivos influenciaram a escolha, como material de estudo, dos talhões referidos de tratamentos seculares tão característicos.

O primeiro porque não tinham sido feitos, até à data, quaisquer estudos comparativos da população bacteriana total desses talhões considerados em conjunto.

O segundo por na altura em que se planeou o trabalho se encontrar mais acesa a actividade dos apologistas da adubação orgânica exclusiva que atacavam vigorosamente a aplicação dos fertilizantes artificiais atribuindo-lhes efeitos nocivos afectando não só as plantas cultivadas como a população microbiana, que consideram da mais alta importância no solo.

As análises efectuadas recaíram sobre 14 séries de amostras colhidas em datas diferentes, em cada um dos talhões de Barnfield, tendo uma delas incidido também sobre amostras colhidas nos talhões de Broadbalk.

B) Métodos

1) Colheita e preparação da amostra

Cada amostra da terra para análise era constituída pelo conjunto de seis sondagens feitas ao acaso num quadrado de 10×10 m. A sonda de amostragem, de 2,5 cm de diâmetro, era introduzida no solo depois de afastados com o pé os torrões superficiais, colhendo-se um cilindro de terra até 15 cm de profundidade.

À chegada ao laboratório as amostras eram imediatamente passadas por um crivo de 3 mm e seguidamente misturadas à mão antes de se tirarem as sub-amostras para as diluições.

A humidade determinou-se em sub-amostras de 10 gramas por secagem durante 24 horas a 105° C.

A primeira diluição para a contagem de amibas preparou-se pelo método corrente no Departamento, isto é, simples agitação manual em solução salina (0,8 % NaCl) durante 4 minutos.

As sub-amostras para a análise bacteriana foram também tratadas desta forma mas da série número IV em diante passou-se a esmagar a

terra no diluente para se obter uma suspensão mais homogênea. Esta operação efectuou-se esfregando a terra com uma vareta de vidro contra as paredes de um tubo de ensaio de três centímetros de diâmetro contendo uma porção de diluente, renovando-se este as vezes necessárias até que o resíduo de areia e limo já não turvasse nova adição de líquido. As lavagens que se iam recolhendo num frasco, depois de acertado o volume para obter a diluição desejada (variável conforme os casos), eram o ponto de partida para as subseqüentes diluições para a análise.

2) Contagem de amibas

Seguiu-se o método de Cutler (11) modificado por Singh (12). A diluição inicial faz-se a partir de 10 gramas de terra em 40 c. c. de solução salina; desta diluição 1:5, prepara-se uma série diferindo de 1/2 por passagens sucessivas de 5 c. c. de solução salina até obter a diluição 1:81.920.

As 15 diluições obtidas servem para a inoculação de 15 placas de gelose simples com 0,5 % de NaCl, cada uma contendo 8 anéis de vidro colocados sobre a gelose antes de solidificada. Sobre o meio de cultura, no centro de cada anel, espalha-se uma porção de uma cultura de *Aerobacter* sobre a qual se colocam 0,05 c. c. da diluição correspondente à placa. As 15 placas representam assim as diluições 1:100, 1:200, 1:400, ... 1:1.638.400 a 8 repetições cada.

Esta série é utilizada para determinar o número total de amibas (activas e enquistadas).

A contagem dos quistos obtém-se duma forma semelhante a partir de outra sub-amostra de 10 gramas submetida previamente à acção de HCl a 2 % durante 12-14 horas; passado este período de tratamento em que as formas activas são mortas, a solução clorídrica é decantada e substituída pelo volume necessário de solução salina para se obter a diluição 1:5.

A presença de amibas é assinalada macroscopicamente pelo desaparecimento da cultura da bactéria mas faz-se sempre um exame microscópico a todos os anéis, para verificação. As observações são feitas após uma semana de incubação a 25° C e repetidas aos 15 dias.

O número provável de amibas na sub-amostra analisada obtém-se a partir do número de culturas negativas (sem amibas) dos 120 anéis,

utilizando uma modificação da tabela VIII-2 de Fisher (13) especialmente adaptada ao método de Singh por D. J. Finney (12).

A diferença entre a contagem total e a dos quistos dá-nos o número provável de amibas activas.

3) Contagem de bactérias

A contagem efectuou-se pelo método das placas.

A diluição inicial fez-se empregando pesos da sub-amostra e volume do diluente nas seguintes proporções: 3 g: 97 c.c.; 5 g: 95 c.c.; 10 g: 90 c.c.; 10 g: 240 c.c., a que correspondem respectivamente as diluições: 1:33; 1:20; 1:10 e 1:25.

As subseqüentes diluições são as indicadas nas respectivas séries de análises e foram obtidas da seguinte forma:

Por meio de duas passagens sucessivas de 1 c.c. das diluições iniciais obtêm-se as diluições 1:330.000, 1:200.000, 1:100.000 e 1:250.000; a preparação de diluições diferentes destas, que aparecem nalgumas séries de análises, efectuou-se por meio de passagens de 0,5, 1, 2 ou 3 c.c. para os frascos da 2.^a diluição ou da 2.^a e 3.^a diluições, contendo o volume necessário de diluente para completar 100 c.c.

Estas operações efectuaram-se para a obtenção de números semelhantes de colónias nas placas dos 3 talhões e também para que esses números não fossem excessivamente elevados ou baixos, visto se pretender proceder ao isolamento.

Cada placa recebe 1 c.c. da diluição escolhida misturando-o seguidamente com cerca de 15 c.c. do meio de cultura gelosado, liquefeito e a 42-43° C, por meio de 8 rotações, 4 em cada sentido, e inclinações segundo dois diâmetros perpendiculares, 4 para cada. Meia hora depois, já bem solidificada a gelose, as placas são invertidas e colocadas numa estufa a 25° C.

A ordem de trabalho foi a seguinte: pesagem das sub-amostras dos três talhões; esmagamento, diluição e formação das placas primeiro para A, depois para B e seguidamente C.

As sub-amostras de B e C conservaram-se em lugar fresco enquanto não eram analisadas; fazendo-se novas pesagens antes do seu esmagamento, não se notaram perdas de peso com o tempo de espera.

As duas ou três sub-amostras da mesma amostra eram sucessivamente esmagadas em primeiro lugar visto ser esta fase a mais demorada, fazendo-se depois as diluições pela seguinte ordem: sub-amostra

1, 2 e 3 e imediatamente colocados nas placas os respectivos c.c. da diluição; terminada esta operação juntavam-se-lhes os meios de cultura pela mesma ordem. Procedeu-se desta forma para evitar uma permanência demorada das bactérias nos meios muito diluídos (frascos das diluições altas e última diluição nas placas), preferindo encurtar este período e demorar a permanência na diluição de esmagamento, de menores efeitos deletérios.

Esta suposição teórica foi confirmada mais tarde por um ensaio realizado apresentado noutro trabalho.

As contagens das placas dentro da mesma série A, B, C fizeram-se sempre com o mesmo período de incubação; porém as placas de séries diferentes nem sempre foram contadas com períodos de incubação idênticos visto não se ter pretendido fazer um estudo de variação com a estação.

As contagens totais referem-se ao conjunto de bactérias e actinomicetas; estes últimos, nalguns casos, foram contados à parte.

Todas as contagens foram feitas a olho nu e sobre fundo escuro com iluminação lateral, empregando-se a lupa ou mesmo o microscópio para distinguir entre as partículas estranhas e colónias punctiformes, nos casos de dúvida; foi sempre utilizado o microscópio na contagem de actinomicetas.

Nalgumas análises fez-se mais do que uma contagem durante o período da incubação. Pretendeu-se com isso verificar qualquer correlação nas colónias aparecendo mais cedo, isto é, de crescimento rápido e nas outras de aparecimento tardio com as suas capacidades de síntese em cultura. Estas contagens, assinaladas nas placas com marcações diferentes, permitiram, na altura do isolamento, a separação das bactérias em grupos segundo a sua ordem de aparecimento durante a incubação.

4) Meios de cultura

a) Meios gelosados

1) Gelose de extracto de terra (14): (Soil extract: SE)

Extracto de terra	100 c.c.	Agar	15 g
Água destilada	900 c.c.	pH	7,0

Esterilização a 115° C durante 15 minutos.

O extracto de terra preparou-se aquecendo na autoclave, a 115° C e durante meia hora, a suspensão de 1 kg de terra (talhão B) em um litro de água destilada. A filtração efectua-se através de papel de filtro ou por meio de um funil de Büchner com uma camada da própria terra quando o filtrado se apresente turvo (caso da terra de Broadbalk).

2) Gelose de Thornton (15):

(Asparagina: ASP.)

K ₂ HPO ₄	1 g	KNO ₃	0,5g
MgSO ₄	0,2 g	Asparagina	0,5g
CaCl ₂	0,1 g	Manitol	1 g
NaCl	0,1 g	Agar	15 g
FeCl ₃	0,002g	Água destilada	1.000 c.c.
pH 7,0			

Esterilização a 115° C durante 15 minutos.

3) Gelose de Topping (16):

(Yeastrel—peptona: YP)

Extracto de levedura (Yeastrel)	2,5g	Agar	15g
Bacto peptona Difco	2,5g	Água da torneira	1.000c.c.
pH 7,0			

Esterilização a 115° C durante 15 minutos.

4) Gelose semi-sólida (14):

(SS)

K ₂ HPO ₄	0,2g	Gelose	3g
Extracto de leved. ^a Difco	0,1g	Água destilada	900c.c.
Extracto de terra	100c.c.	PH	7,0

Esterilização a 115° C durante 15 minutos.

b) Meios de Lochhead

Os meios líquidos foram preparados como nos primeiros trabalhos de Lochhead.

1) Meio basal:

(Basal medium: B)

Glucose	1 g	CaCl ₂	0,1 g
K ₂ HPO ₄	1 g	NaCl	0,1 g
KNO ₃	0,5g	FeCl ₃	0,01g
MgSO ₄	0,2g	Água destilada	1.000 c.c.

Aquecimento a 100° C, filtração e ajustamento do pH a 6,8.

2) Meio de aminoácidos:

(Amino-acid medium: A)

Meio B adicionado de: 0,05 g de cisteína, 0,1 g de alanina, 0,05 g de prolina e 0,05 g de asparagina, por litro.

3) Meio de factores de crescimento:

(Growth factor medium: G)

Meio B com 0,05 g de cisteína, 100 γ de tiamina e 0,1 γ de biotina, por litro.

4) Meio de aminoácidos e factores de crescimento:

(Amino-acid and growth factor medium: AG)

Meio B com os aminoácidos de A e factores de crescimento de G.

5) Meio de extracto de levedura:

(Yeast extract medium: Y)

Meio B com 1 g por litro de extracto de levedura Difco.

6) Meio de extracto de terra:

(Soil extract medium: S)

750 c.c. de B com 250 c.c. de extracto de terra.

7) Meio de extracto de levedura e de terra:

(Soil and yeast extract medium: SY)

Meio S com 1 g de extracto de levedura por litro.

A cisteína entra na composição tanto do meio G como do meio A por ser apenas na sua presença que os aminoácidos e factores de cres-

cimento manifestam a sua acção sobre a multiplicação das bactérias necessitando dos respectivos compostos. O número limitado de vitaminas e aminoácidos empregados resultou de ensaios com bactérias do solo em que esses compostos se destacavam como os necessários e óptimos (10).

Os meios líquidos foram entubados a 5 c.c. cada e tinalizados a 100° C por os meios contendo extracto de terra originarem precipitados quando aquecidos sob pressão.

5) Isolamento e estudo nutricional das bactérias (método de Lochhead)

Nos isolamentos empregou-se sempre a lupa, dada a natureza puntiforme da maioria das colónias, e uma agulha muito fina, tendo-se previamente feito com o microscópio uma descrição das colónias, acompanhada de um desenho, com vista a uma posterior correlação entre a sua morfologia e quaisquer características da cultura resultante.

De uma ou mais placas de extracto de terra de cada amostra isolou-se a totalidade das colónias para tubos de gelose semi-sólida, que eram seguidamente incubados a 25° C.

As culturas, logo que apresentassem desenvolvimento suficiente, inoculavam-se nos sete meios líquidos de Lochhead; foram também inoculadas superficialmente em placas contendo gelose de Topping para a observação do seu tipo de crescimento e modo de divisão, observação especialmente importante para distinguir das bactérias propriamente ditas os proactinomicetas de micélio facilmente divisível em bastonetes curtos ou cocos. A técnica clássica da obtenção de crescimento da cultura em tubos de gelose inclinada não permite esta diferenciação.

A coloração de Gram efectuou-se em culturas de 12, 24 e 48 horas o que tem importância para a identificação das culturas de *Arthrobacter* que, nas culturas muito novas, são Gram negativas passando mais tarde a positivas.

As culturas nos sete meios líquidos, ao quinto dia de incubação, eram classificadas por valores de 1 a 4, sendo 4 a turvação máxima.

Na classificação de Lochhead cada série de sete tubos é considerada independentemente, o valor 4 correspondendo ao tubo de maior turvação dentro da série. Não há, assim, distinção entre duas séries de reacções idênticas mas de diferente vigor. Interessando-nos destacar o maior número de diferenças entre os grupos de bactérias, adoptou-se

uma escala geral abrangendo todas as séries em que o valor 4 corresponde à turvação dum *Ps. fluorescens* ou *Arthrobacter* típicos, num meio ótimo. Esta escala em nada afecta a classificação de Lochhead, distingue apenas bactérias de diferente vigor dentro dos grupos.

Segundo a forma como as bactérias reagiam aos sete meios de cultura de Lochhead, classificavam-se nos 8 grupos seguintes, estabelecidos por este autor. Designamos os sete primeiros pelas letras correspondentes ao primeiro meio de cultura da série em que apresentam desenvolvimento máximo. Ao oitavo grupo damos a designação zero por os microorganismos que abrange não se desenvolverem em nenhum dos sete meios de cultura.

- 1 — Grupo B: Bactérias com requisitos simples mostrando tão bom desenvolvimento no meio B como em qualquer dos outros meios.
- 2 — Grupo A: Bactérias necessitando de um ou mais aminoácidos desenvolvendo-se bem no meio A, não se multiplicando ou multiplicando-se pouco no meio B.
- 3 — Grupo G: Bactérias de crescimento máximo no meio G e nenhum ou sub-máximo nos meios B ou A.
- 4 — Grupo AG: Bactérias necessitando de factores de crescimento em conjunto com os aminoácidos, mostrando bom desenvolvimento no meio AG e crescimento nulo ou fraco nos meios B, A e G.
- 5 — Grupo Y: Bactérias de desenvolvimento máximo no meio Y e nulo ou fraco nos meios B, A, G e AG.
- 6 — Grupo S: Bactérias de crescimento máximo no meio S com nenhum ou sub-máximo nos meios B, A, G, AG e Y.
- 7 — Grupo SY: Bactérias de desenvolvimento máximo apenas nos meios SY e crescimento nulo ou sub-máximo nos restantes meios.
- 8 — Grupo O: Bactérias de requisitos desconhecidos não se desenvolvendo em qualquer dos sete meios de cultura.

No cálculo do chamado índice de equilíbrio bacteriano (Bacterial Balance Index-B.B.I.) do solo, Lochhead (5) apresenta uma variante sobre esta classificação em que aparecem dez grupos:

- 1 — Bactérias Gram positivas ou Gram variáveis.
- 2 — Bactérias do tipo *Ps. fluorescens*.
- 3 — Bactérias Gram negativas.

Estes três grupos estão compreendidos no grupo B da classificação anterior.

- 4 — Bactérias de crescimento máximo tanto no meio A como no meio G mas apenas com algum desenvolvimento no meio B.
- 5 — Bactérias diferindo das anteriores por multiplicação nula no meio B.
- 6 — Bactérias de crescimento máximo no meio A e sub-máximo no meio B.
- 7 — Bactérias de crescimento máximo no meio A e nulo no meio B.
- 8 — Bactérias de crescimento máximo no meio G e sub-máximo no meio B.
- 9 — Bactérias de crescimento máximo no meio G e nulo no meio B.
- 10 — Engloba os grupos AG, Y, S e SY da classificação anterior de desenvolvimento nulo nos meios B, A e G e o grupo O.

O índice de equilíbrio bacteriano (I. E. B.) expressa-se pela diferença entre a soma das percentagens de organismos dos grupos 5, 7 e 9, e a percentagem do grupo 3.

Esta segunda classificação de Lochhead é efectuada tomando em conta apenas as reacções nutricionais nos primeiros três meios (B, A e G) ignorando, para esse efeito, a existência dos outros quatro meios.

III — Experiências realizadas e resultados ⁽¹⁾

A) Estudo das bactérias dos três talhões

O estudo realizado teve como finalidade o conhecimento das bactérias autóctones dos três talhões e a possível influência exercida sobre aqueles microorganismos, dos diferentes tratamentos a que cada um destes vinha sendo sujeito, desde longa data.

Foram encarados dois aspectos: quantitativo e qualitativo.

1) *Estudo quantitativo*

Incidu sobre 14 séries de análises, realizadas em datas diferentes. Em cada série foram feitas análises simultâneamente para os três talhões.

(¹) Para comodidade de consulta, os quadros de resultados estão colocados no fim do trabalho.

A cada série de análises corresponde um dos quadros de numeração I a XIII. A décima quarta série de análises figura no quadro XIV com a referência IV-A.

O quadro XIV apresenta o resumo dos resultados.

As amostras de cada série foram analisadas fazendo variar diferentes factores para verificação da sua influência nas contagens. Assim, dentro da mesma série, empregaram-se vários meios de cultura, utilizaram-se diferentes diluições, efectuaram-se contagens da mesma placa com períodos diferentes de incubação e repetiram-se análises da mesma amostra, a partir de sub-amostras diferentes para apreciação da dispersão. Na série XII colheram-se duas amostras em cada talhão e de cada uma delas fizeram-se análises a partir de duas sub-amostras para apreciar a dispersão da colheita da amostra no campo e da sub-amostragem no laboratório.

Seguidamente resumem-se as condições em que se realizou cada uma das séries de análises:

Nos quadros adiante inseridos, os meios de cultura são indicados pelas suas abreviaturas; nas colunas figuram os números obtidos nas contagens das placas repetidas e as com os números entre parênteses representam as contagens de actinomicetas; o número sob o traço de cada uma destas colunas representa a média aritmética daquelas contagens; o índice de dispersão χ^2 que lhes corresponde encontra-se ou imediatamente por baixo ou em quadro à parte nas séries VII, XI, XII e XIII.

Nos quadros que apresentam mais do que uma contagem, estas são apresentadas ou separadas por sinais de soma, quando são parciais, ou sem o sinal quando se referem ao total na data da contagem; no quadro IX depois da 2.^a e 3.^a contagens parciais escreveram-se os respectivos totais.

Série I:

Diluição inicial — 1:10.

Meio de cultura: Asp.

Duas placas repetidas.

Contagens aos 10 dias; diluições — 1:50.000 e 1:100.000.

Série II:

Diluição inicial — 1:10.

Dois meios de cultura: Asp. e Az. (meio para o Azotobacter).

Quatro placas repetidas.

Contagens aos 10 dias; diluições — 1:50.000 e 1:100.000.

Série III:

Diluição inicial — 1:25.

Meios de cultura: SE e Asp.

Três placas repetidas.

Contagens aos 5 e 14 dias; diluição — 1:250.000.

Série IV:

Diluição inicial — 1:20.

Meios de cultura: SE e Asp.

Três placas repetidas.

Contagens aos 13 e 15 dias para SE e apenas aos 13 para Asp.; diluições — A (1:66.000), B (1:200.000) e C (1:100.000).

Contagem em SE a partir de três sub-amostras (SE1, SE2, SE3); em Asp. a partir de uma (a primeira).

Nas colunas, os números entre parênteses referem-se às contagens de actinomicetas.

Série V:

Diluição inicial — 1:20.

Meios de cultura: SE e Asp.

Três placas repetidas.

Contagens aos 10 dias para Asp. e 21 dias para SE; diluição — 1:200.000 para os três casos.

Contagens em SE a partir de três sub-amostras de cada um dos três talhões; em Asp. a partir de uma (a primeira), para os talhões A e C, e de três para o talhão B.

Série VI:

Diluição inicial — 1:33.

Meios de cultura: SE e Asp.

Três placas repetidas.

Contagens aos 30 dias para Asp. e 21 dias para SE; diluições — A (1:165.000), B (1:330.000) e C (1:330.000).

Contagens em SE a partir de três sub-amostras para os três talhões; em Asp. a partir de uma (a primeira), para os três talhões.

Série VII:

Diluição inicial — 1:33.

Meios de cultura: SE (100° C) e SE (115° C), o primeiro com o extracto de terra feito a 100° C e o meio tindalizado, o segundo com o extracto feito a 115° C e o meio esterilizado a 115° C.

Quatro placas repetidas.

Contagens aos 12, 15 e 21 dias para os dois meios; diluições — A₁ (1:110.000), A₂ (1:165.000), B (1:660.000) e C (1:330.000).

Contagens nos dois meios a partir de duas sub-amostras.

Série VIII:

Diluição inicial — 1:20.

Meios de cultura: SE e Asp.

Quatro placas repetidas.

Contagens aos 12 e aos 30 dias para os dois meios; diluições — A (1:200.000), B (1:800.000) e C (1:400.000).

Contagens em SE a partir de três sub-amostras do talhão A; em Asp. a partir de uma (a primeira); para os talhões B e C apenas uma sub-amostra para SE e Asp. por se terem inutilizado todas as placas da segunda e terceira sub-amostras.

Série IX:

Diluição inicial — 1:20.

Meios de cultura: SE, Asp. e YP.

Três placas repetidas.

Contagens aos 6 e 12 dias para Asp. e YP e aos 6, 12 e 21 dias para SE; diluições — A₁ (entre 1:100.000 e 1:150.000)⁽¹⁾, A₂ (1:100.000), A₃ (1:66.000), B (1:400.000) e C (1:200.000).

Contagens em SE a partir de três sub-amostras; em ASP. e YP a partir de uma (a segunda).

(¹) Houve perda de líquido na primeira diluição da sub-amostra A por se ter partido o fundo do tubo de esmagamento pelo que se desconhece a diluição exacta.

As duas primeiras colunas, separadas pelo sinal +, correspondem à primeira contagem e à 2.^a contagem parcial, a terceira à soma destas duas, a 4.^a corresponde à 3.^a contagem parcial e a 5.^a ao total das contagens.

Série X:

Diluição inicial — 1:20.

Meios de cultura: SEb, SEB, ASP. e YP.

Três placas repetidas.

Contagens aos 9 dias para os quatro meios; diluições — A (1:100.000), B (1:800.000) e C (1:400.000).

Contagens em SEb e SEB a partir de três sub-amostras (colunas 1, 2, 3), em ASP. e YP a partir de uma sub-amostra (a primeira).

O meio SEb foi preparado com terra do dia da análise; o SEB foi preparado com terra colhida em Janeiro de 1946.

Pretendeu-se verificar quaisquer variações na composição do extracto de terra b, tomando como constante o extracto B.

Série XI:

Diluição inicial — 1:20.

Meios de cultura: SEb, SEB, ASP. e YP.

Três placas repetidas.

Contagens aos 9, 14 e 34 dias para os quatro meios; diluições — A (1:100.000), B (1:400.000) e C (1:200.000).

Contagens em SEb a partir de três sub-amostras; em SEB, ASP. e YP a partir de uma sub-amostra (a primeira).

Série XII (Quadros XII-A e XII-B):

Diluição inicial — 1:20.

Meios de cultura: SEb, SEB, ASP. e YP.

Três placas repetidas.

Contagens aos 10, 18 e 27 dias para SEb e SEB, e aos 4, 10, 18 e 27 dias para ASP. e YP; diluições — A (1:200.000 e 1:400.000), B (1:400.000 e 1:800.000) e C (1:200.000 e 1:400.000).

O quadro XII-A refere-se a contagens em SEb a partir de quatro sub-amostras obtidas de duas amostras: 1 e 2 da primeira amostra, 3 e 4 da segunda amostra.

O quadro XII-B refere-se a contagens SEb, SEB, Asp. e YP a partir da primeira sub-amostra de cada talhão. Na primeira coluna, para comparação, repetem-se as contagens da primeira sub-amostra do quadro XII-A.

Série XIII (Quadros XIII-A e XIII-B):

Diluição inicial — 1:20.

Meios de cultura: SEb, SEB, Asp. e YP.

Três placas repetidas.

Contagens aos 8, 14 e 24 dias para os quatro meios nas diluições:

SEb: A (1:100.000 e 1:200.000), B (1:400.000 e 1:800.000), C (1:200.000 e 1:400.000).

SEB e Asp: A (1:100.000, B (1:400.000), C (1:200.000).

YP: A (1:200.000 e 1:400.000), B (1:800.000 e 1:600.000), C (1:400.000 e 1:800.000).

Contagens em SEb a partir de duas sub-amostras, em SEB, Asp. e YP a partir de uma sub-amostra (a primeira).

O quadro XIII-A refere-se a amostras colhidas em Barnfield, como os anteriores; o quadro XIII-B refere-se a uma série idêntica de amostras colhidas em Broadbalk.

O quadro XIV apresenta em conjunto, expressos em milhões por grama de terra seca, os números de microorganismos, bactérias e actinomicetas, das várias séries de análises realizadas a partir de amostras de Barnfield.

Estes números obtiveram-se a partir das médias das placas apenas das primeiras sub-amostras, segundo o critério adoptado no Departamento de Microbiologia. Para este efeito não foram, portanto, tomados em consideração os dados obtidos nas análises das outras sub-amostras.

Pretende-se comparar as contagens obtidas para os três talhões nas diferentes séries de análises e a sua variação com os diferentes meios de cultura e com o tempo de incubação.

Na primeira coluna registam-se, para cada série, na 1.^a linha a humidade pela ordem dos talhões A, B e C, e nas linhas seguintes, à esquerda, o período de incubação para a contagem, à direita, os meios de cultura. As humidades das amostras da primeira série, que figuram entre parênteses, foram grosseiramente determinadas.

Para permitir apreciar a influência do período de incubação nas contagens nas amostras dos vários talhões, em cada linha horizontal, em frente do respectivo meio de cultura estão inscritas as contagens correspondentes a cada série, distribuindo-se cada grupo pelas quatro colunas pela ordem de extensão do seu período de incubação.

Em cada coluna estão inscritas as contagens correspondentes a períodos de incubação de duração aproximada o que permite uma comparação, embora pouco rigorosa, das análises das diferentes séries obtidas com o mesmo meio de cultura.

b) *Estudo qualitativo*

Este estudo incidiu apenas sobre duas séries de análises (X e XI) não só por falta de material, exigido em grande quantidade ⁽¹⁾, como pela impossibilidade de uma só pessoa acompanhar e registar a evolução das culturas.

Efectuou-se a partir das placas de extracto de terra utilizadas para as contagens tendo-se escolhido as mais convenientes para o isolamento.

As bactérias das colónias desenvolvidas nas diferentes contagens foram estudadas e classificadas, sob o ponto de vista nutricional, pelo método de Lochhead e observado o seu tipo morfológico.

Para simplificação do registo morfológico das culturas, agruparam-se estas nos seguintes tipos:

- A — *Arthrobacter*
- PA — *Proactinomyces*
- C — *Corynebacterium*
- PF — Bactérias do tipo *Pseudomonas fluorescens*
- S — Bactérias esporuladas
- B — Bastonetes não esporulados Gram positivos ou Gram variáveis

(1) Cerca de 2.400 tubos.

- B — Bastonetes não esporulados Gram negativos
a — Microorganismos pleomórficos em que houve dúvida se deviam ser colocados no género *Proactinomyces*, *Arthrobacter* ou *Corynebacterium*.

Os dados obtidos figuram nos quadros XV-A, XV-B e XV-C, correspondentes aos talhões A, B e C, para a primeira série, e quadros XVI-A e XVI-B, para a segunda.

Cada um dos quadros corresponde a um talhão.

As observações correspondentes ao talhão C da segunda série foram inutilizadas por contaminação da placa escolhida para isolamento, por uma colónia invasora.

Nos quadros, cada uma das colunas corresponde às colónias de cada período de contagem figurando em primeiro lugar as reacções nutricionais e em segundo a classificação morfológica.

Os microorganismos que não se desenvolveram ou que se verificou estarem contaminados por colónias vizinhas estão indicados por um traço (—).

As reacções nutricionais marcadas com um asterisco indicam as bactérias do grupo O que foram incubadas por mais 20 dias depois da classificação ao fim de 5.

Série XV (Quadros XV-A, XV-B e XV-C):

Nesta série pretendeu-se:

- 1) Obter uma ideia da população bacteriana, sob o ponto de vista nutricional, para cada talhão e comparar os talhões entre si.
- 2) Conhecer a variação dos grupos nutricionais com o tempo de incubação e qual a sucessão dos grupos, se existir.
- 3) Comparar a composição dos grupos em placas repetidas.

Os isolamentos foram feitos a partir de placas de meio SEB.

Quadro XV-A:

O isolamento efectuou-se a partir da segunda placa repetida da terceira sub-amostra (A_{3-2}).

Isolaram-se 78 colónias: 35 correspondentes à primeira contagem, 22 à segunda e 21 à terceira.

Quadro XV-B:

O isolamento efectuou-se a partir da segunda e terceira placas repetidas da primeira sub-amostra $B_{1.3}$ e $B_{1.2}$).

Para a placa $B_{1.3}$ isolaram-se 100 colónias: 46 correspondentes à primeira contagem, 23 à segunda e 31 à terceira.

Para a placa $B_{1.2}$ isolaram-se 30 colónias correspondentes à primeira contagem, não se tendo procedido ao isolamento para a segunda e terceira.

Quadro XV-C:

O isolamento efectuou-se a partir da primeira e terceira placas repetidas da terceira sub-amostra ($C_{3.1}$ e $C_{3.3}$).

Para a placa $C_{3.1}$ isolaram-se 40 colónias: 23 correspondentes à primeira contagem e 17 à segunda.

Para a placa $C_{3.3}$ isolaram-se 48 colónias: 26 correspondentes à primeira contagem e 22 à segunda.

Tomou-se apenas um sector de cada placa, por insuficiência de material.

Série XVI (Quadros XVI-A e XVI-B):

Esta série derivou de placas de SEb da série XI de análises. Pretendeu-se confirmar as observações da série anterior.

Quadro XVI-A:

O isolamento efectuou-se a partir da terceira placa repetida da terceira sub-amostra ($A_{3.3}$).

Para comparar a sucessão dos grupos em metades da mesma placa, foi esta dividida por um traço na altura da primeira contagem.

Isolou-se um total de 110 colónias; 47 na primeira metade: 26 correspondentes à primeira contagem, 9 à segunda e 12 à terceira; 63 na segunda metade: 25 correspondentes à primeira contagem, 19 à segunda e 19 à terceira.

Quadro XVI-B:

O isolamento efectuou-se a partir da terceira placa repetida da segunda sub-amostra ($B_{2.3}$).

Para comparar a sucessão dos grupos em metades da mesma placa, esta foi dividida por um traço, na altura da primeira contagem.

Isolou-se um total de 106 colónias; 55 na primeira metade: 24 correspondentes à primeira contagem, 14 à segunda e 17 à terceira; 51 na segunda metade: 23 correspondentes à primeira contagem, 10 à segunda e 18 à terceira.

B) Contagem de amibas nos três talhões

As amibas foram contadas em nove das amostras dos três talhões correspondentes às séries I, II, III, IV-A, VI, VII, VIII e IX ⁽¹⁾.

Os dados obtidos figuram no quadro XVII que se sub-divide em duas secções.

Os números registados na primeira secção referem-se a amibas por grama de terra seca: amibas totais (T), amibas enquistadas (Q) e activas (A).

Para fins comparativos apresentam-se, na segunda secção do quadro, as amibas (em centenas) e as bactérias (em centenas de milhar) bem como a humidade das amostras e a temperatura do solo a 10 cm de profundidade.

C) Edibilidade de bactérias e proactinomicetas em relação a amibas

Dos resultados da contagem das amibas surgiu um problema — que se referirá na discussão dos resultados do número 2 — para cuja solução estava indicado o esclarecimento das relações entre os grupos nutricionais de bactérias e a sua aceitação como alimento pelas amibas.

Para este efeito, ensaiou-se a maior parte das bactérias propriamente ditas e os proactinomicetas estudados na análise qualitativa (série XI-A e XI-B) em relação a duas amibas (4 e H) dominantes de Barnfield da colecção do Dr. Singh. Os resultados constam dos quadros XVIII-A e XVIII-B referentes ao talhão A e ao talhão B.

Foram efectuadas observações em relação a dois grupos de bactérias, um proveniente do primeiro isolamento e outro proveniente do segundo e terceiro.

⁽¹⁾ Nestas contagens, realizadas por nossa iniciativa, colaborou o Dr. B. N. Singh que analisou as seis últimas amostras o que não nos foi possível fazer por os ensaios coincidirem com as análises bacteriológicas mais extensas.

Foram também ensaiados 38 proactinomicetas da colecção de D. Erikson em relação a 5 amibas (1, 4, 8, H e Z) também dominantes de Barnfield.

Os resultados constam do quadro XIX.

A técnica seguida para a observação dos resultados foi a seguinte: sobre uma placa de gelose simples espalhou-se numa faixa de $0,5 \times 4$ cm uma cultura nova da bactéria a ensaiar e inoculou-se uma das extremidades da faixa com os quistos da amiba.

As observações fizeram-se ao terceiro e sexto dia, macro e microscòpicamente, registando-as em função do avanço e multiplicação das amibas na faixa. C indica a destruição de toda a faixa; os quebrados, a fracção destruída.

D) Variabilidade dos grupos nutricionais

Dada a possibilidade de modificação, com o meio de cultura, da capacidade de síntese das bactérias e portanto das suas reacções nutricionais, e perante o postulado de Lochhead e Taylor (14) sobre a instabilidade bioquímica e adaptabilidade dos microorganismos do solo, surgiu o interesse de investigar este aspecto nas bactérias dos talhões em estudo.

Lochhead, quando da sua visita a Rothamsted, mostrou-se interessado nas nossas experiências tendo-nos informado que nem ele nem os seus colaboradores haviam tentado, até à data, qualquer demonstração experimental directa do seu postulado.

Por um lado, o assunto tem interesse puramente académico porque, mesmo que se chegasse à conclusão que a técnica de Lochhead de preparar as culturas para as reacções nutricionais (multiplicação prévia em gelose semi-sólida de extracto de levedura e terra) modificava profundamente a sua capacidade de síntese e portanto as referidas reacções, o seu método de estudo das bactérias do solo nada sofreria com isso. Os grupos nutricionais (modificados ou não em relação às suas propriedades originais quando vivendo no solo) sujeitos à passagem por um meio contendo factores de crescimento têm dado provas da sua utilidade em muitos estudos de interesse, nomeadamente nos casos de solos doentes. Além disso, a cultura prévia em meio semi-sólido é uma necessidade não havendo, por enquanto, outro método mais prático e eficiente de fazer vingar e desenvolver os isolamentos do solo.

Por outro lado, há a necessidade de dar resposta à questão da

legitimidade da classificação nutricional das bactérias que sofreram previamente várias sub-culturas, isto é, o caso da purificação de culturas infectadas, quase sempre feita em meios relativamente ricos.

Para tentar esclarecer estes aspectos efectuaram-se as duas seguintes experiências na altura em que a percentagem de culturas positivas nas análises de rotina já justificava um estudo qualitativo e em que urgia dar resposta ao caso das culturas purificadas.

1.^a experiência:

De uma placa de extracto de terra duma análise do talhão B, com 27 colónias de bactérias, isolaram-se 22, cada uma das quais foi dividida em quatro partes: uma para gelose semi-sólida e as outras para três tubos de centrifugação respectivamente com os meios B, AG e SY. Das 22 bactérias isoladas, 3 (n.^{os} 8, 20 e 24) não se desenvolveram em qualquer dos meios e 2 (n.^{os} 16 e 17) foram de fraco crescimento em SS e em SY; estas culturas rejeitaram-se por serem inconvenientes para a experiência. As restantes depois de subseqüentemente classificadas nos três meios líquidos, foram submetidas a três lavagens em solução salina com as correspondentes centrifugações de 20 minutos a 3.000 r. m. Para esta operação escolheram-se, de preferência, as culturas positivas no meio SY; das culturas 3, 11 e 15 também se aproveitou a cultura em AG, para comparação; das culturas 1 e 10, negativas em SY, empregaram-se apenas os tubos AG. As bactérias foram imediatamente inoculadas depois da última lavagem nos sete meios de Lochhead.

As reacções nutricionais encontram-se registadas no quadro XX. As obtidas nos três meios B, AG e SY da inoculação directa a partir da placa de isolamento, encontram-se na coluna correspondente à 1.^a cultura; na 2.^a coluna, correspondente à sub-cultura, registam-se as reacções nutricionais das culturas lavadas, observadas aos 3 e aos 5 dias de incubação, e a sua proveniência.

2.^a experiência:

De placas dos talhões A, B e C, isolaram-se para tubos de centrifugação contendo SY, respectivamente 49, 20 e 46 colónias, que foram lavadas como anteriormente, depois de 5 a 8 dias de crescimento. Por acidente durante a centrifugação, perdeu-se uma cultura de A e outra de C; por desaparecimento do sedimento durante as lavagens inutilizou-se uma cultura de B e uma de A.

O objectivo desta experiência foi registar quaisquer reacções nutricionais anormais em culturas isentas de factores de crescimento (Quadro XXI-A), e também observar casos de adaptação ao meio em séries de sete tubos inoculados de novo a partir de alguns organismos envolvidos em B, A, G, etc. (Quadro XXI-B).

No quadro XXI-B registam-se, na coluna correspondente à 1.^a cultura, as reacções nutricionais das culturas lavadas (observação aos 10 dias) e, na 2.^a coluna, as respectivas sub-culturas derivadas (observação aos 5 e aos 10 dias).

E) Ensaios de nitrificação com culturas mistas de microorganismos heterotróficos autóctones

Estando o bioquímico H. Lees a terminar os seus trabalhos sobre nitrificação e encontrando-se livres alguns dos seus aparelhos (18) para o estudo deste aspecto do metabolismo do solo, resolvemos aproveitar essa oportunidade para verificar a extensão do postulado de Lochhead e Taylor. Estes autores, além de referências à adaptabilidade e variabilidade dos microorganismos autóctones, apresentam também a hipótese de que estes actuam com a máxima eficiência, quando em associação. Uma das provas que se pode considerar como decisiva neste aspecto seria a nitrificação, actividade geralmente considerada exclusiva de determinados autotróficos quimiosintéticos.

Se bem que na literatura se encontrem referências à oxidação dos sais de amónio e dos nitritos por heterotróficos (19), a atitude geralmente tomada tem sido de cepticismo; para Lees as objecções mais graves, a estes casos, incidem sobre os métodos pouco rigorosos na determinação dos nitritos e nitratos, que foram empregados.

Em vista do oferecimento de Lees de pôr à nossa disposição o seu laboratório e de realizar as determinações, fizemos alguns ensaios empregando a sua técnica (20) mas com todos os cuidados na esterilização e inoculação da terra.

Em 6 aparelhos contendo 10 g de terra esterilizada do talhão A e utilizando culturas da última análise qualitativa (talhões A e B) fizeram-se as inoculações seguintes:

- N.º 1 — Dezassete bactérias exigentes em factores de crescimento provenientes do talhão A.
- N.º 2 — O mesmo que 1, mais 18 bactérias de outros grupos também do talhão A.

- N.º 3 — O mesmo que 2, mais dois actinomicetas e duas amibas comuns, sob a forma respectivamente de esporos e quistos.
- N.º 4 — Dezasseis bactérias correspondentes às de 1 mas do talhão B.
- N.º 5 — O mesmo que 4, mais 19 outras bactérias do talhão B.
- N.º 6 — O mesmo que 5, mais os dois actinomicetas e duas amibas de 3.

Não se fizeram ensaios testemunhas por falta de aparelhos e em virtude da afirmação do Dr. Lees de que a nitrificação nunca foi observada nos seus ensaios em branco com terra esterilizada, apesar de não terem sido realizados com os cuidados da técnica microbiológica.

A quantidade de sulfato de amónio no volume de 100 c. c. posto a circular no aparelho foi calculada de forma a dar, quando completamente oxidada, 70 γ /c. c. de nitrato.

Na amostra retirada do aparelho os nitritos são oxidados e o total de nitrato doseado.

Nas últimas três análises os nitritos foram determinados à parte e, na última, verificou-se que o sulfato de amónio havia desaparecido por completo.

Os doseamentos realizaram-se nas datas indicadas no quadro XXII: os números referentes aos nitritos figuram entre parênteses.

F) Ensaio de um método para a comparação nutricional de populações bacterianas sem isolamentos

Depois de realizados os estudos anteriormente descritos e em face do que nos foi dado observar durante a longa série de ensaios a que havíamos procedido, o raciocínio levou-nos a determinar diferenças qualitativas nas populações bacterianas de terras diferentes por um método simples, sem recorrer à técnica de isolamento e subsequente estudo, morosa e excessivamente exigente em material.

Este método baseou-se nos seguintes princípios:

1.º — A ordem de aparecimento das colónias durante o período de incubação, em meios sem factores de crescimento, corresponde, de uma maneira geral, a grupos de bactérias de vigor e capacidade de síntese decrescentes.

2.º — O tamanho relativo das colónias traduz, em geral, uma indicação da sua capacidade de síntese.

3.º — A substituição do extracto de terra por meios simples contendo material energético deve acelerar a sucessão de grupos nutricionais.

4.º — As contagens sucessivas duma mesma diluição nos meios de Lochhead, B e Y, gelosados devem destacar pelo menos dois tipos de bactérias e as curvas de crescimento das populações de terras diferentes também devem apresentar diferenças.

Em vista do exposto, fizeram-se placas dos três talhões de Barnfield, todas com a diluição 1:100.000, empregando os meios B e Y gelosados, para o fim da experiência, e o meio de Thornton, como padrão, na apreciação da eficiência quantitativa dos meios referidos.

Fizeram-se contagens apenas ao segundo e quarto dias tendo-se, dentro da segunda contagem total, feito também uma contagem parcial por três tamanhos: colónias regulares, pequenas e «ponta de alfinete».

Os resultados apresentam-se no quadro XXII-A.

IV — Discussão dos resultados e conclusões

A) Estudo das bactérias dos três talhões

1) *Estudo quantitativo*

Série I:

Nesta série, os dados obtidos para as placas repetidas encontram-se dentro dos limites normais da dispersão à excepção das placas da primeira diluição de A, de χ^2 significativo. As duas diluições de cada amostra, apreciadas pelas suas médias, são concordantes em A e C, mas na amostra B a segunda diluição apresenta um valor um pouco superior à expectativa.

Em relação às médias, a ordem de grandeza das contagens é a seguinte: $B > C > A$ com ligeira diferença entre C e A.

Série II:

Nesta série existem 5 valores de χ^2 significativos. Observa-se uma discordância mais ou menos acentuada entre diluições derivadas em todos os casos.

Em relação às médias das contagens observa-se a seguinte ordem: no meio Asp., $B > C > A$ nas duas diluições; no meio Az, $B > C > A$ na primeira diluição e $C > B > A$ na segunda diluição.

A discordância verificada em relação à segunda diluição deve-se, sem dúvida, à acção estimulativa ou inibitória do meio para determinados grupos.

O meio Az. mostra-se superior ao meio Asp. em todos os casos.

Série III:

Os valores de χ^2 obtidos nas séries de placas repetidas são todos muito abaixo do ponto 5 %, tendendo alguns para valores anormalmente baixos.

Em relação às médias das contagens, em todos os casos, observa-se a seguinte ordem: $B > C > A$ sendo insignificante a diferença entre C e A; os valores obtidos em SE e Asp. são praticamente iguais em relação a A e a C, sendo no caso de B ligeiramente superiores os de SE em relação a Asp. Nota-se uma ligeira variação em relação aos valores de χ^2 entre duas contagens.

Série IV:

Confrontando os resultados obtidos com a sub-amostra analisada com extracto de terra e com asparagina, verifica-se que os valores da primeira contagem são sensivelmente idênticos em qualquer das terras.

Tomando em consideração as três sub-amostras nota-se que não há diferenças significativas entre elas. Os valores de χ^2 são normalmente significativos, notando-se uma dispersão maior especialmente na terra C.

Na terra B, na segunda e terceira sub-amostras, verifica-se igualmente uma dispersão bastante larga.

Na terra A apenas uma vez na primeira sub-amostra χ^2 ultrapassou ligeiramente o ponto 5 %.

Se se observar as contagens dos actinomicetas na terra A, nota-se que a sub-amostra 1 no meio SE apresentou mais colónias que no meio Asp.

Embora a contagem dos actinomicetas no meio SE fosse efectuada na segunda contagem, e no meio de asparagina fosse feita na primeira, é lícito fazer a comparação dado que estes microorganismos aparecem sensivelmente em igual número em qualquer das contagens.

Série V:

Pela observação do quadro colhe-se a ideia de que as sub-amostras originaram contagens mais elevadas no meio SE do que no meio Asp. Embora as datas de contagem não sejam as mesmas deve ter-se em conta que, com o meio Asp., o máximo da contagem anda por volta dos 10 dias de incubação, período que empregámos para a contagem. Sendo assim, é de crer que os valores que identificámos para o meio SE correspondem na realidade, como mostra o quadro, a um número mais avultado de colónias tanto de bactérias como de actinomicetas.

Se confrontarmos as terras A, B e C no meio SE, verificamos que a terra B foi a de maior contagem neste meio, seguindo-se-lhe a terra C e, por último, a A.

Os valores de χ^2 são, como regra, superiores aos do ponto 5 %, muito especialmente nas amostras A_3 , B_3 e C_2 .

Série VI:

Experimentadas as mesmas terras e nos mesmos meios, mas em data diferente, o ensaio mostrou-se algo diferente. Agora, qualquer dos terrenos reagiu melhor no meio Asp. que no meio SE. Daqui se pode inferir a extraordinária importância que têm nos resultados períodos diferentes de colheita.

Comparando as diferentes sub-amostras de A, de B e de C pode concluir-se que o comportamento foi idêntico em qualquer das sub-amostras de cada terra. Na realidade, o valor de χ^2 só num caso nos indica uma dispersão exagerada.

Série VII:

As observações neste ensaio levam-nos a concluir que o extracto de terra feito a 115° C dá sensivelmente menos colónias do que o mesmo extracto feito a 100° C.

É interessante notar a maneira como se dá a variação de χ^2 . Uma vez, como no caso da sub-amostra A_1 no meio SE (115°), ele varia de um valor bastante baixo para atingir um valor que ultrapassa o ponto 5 %. Outras vezes, do mesmo modo consoante os períodos de contagem, dá-se variação inversa passando de um valor alto para um valor idêntico ao ponto 5 % (caso da sub-amostra A_2 , no meio SE (100°)). Ainda noutros casos ele mantém-se no decurso das várias contagens, com valores sensivelmente idênticos.

Série VIII:

Neste ensaio, comparando a sub-amostra A_1 no meio SE e Asp., verifica-se que o meio Asp. proporcionou, logo na primeira contagem, valores altos enquanto que, na segunda contagem parcial, ocasionou acentuado abaixamento. Algo diferente se passou quando a mesma sub-amostra foi ensaiada no meio SE, em que os valores da primeira e da segunda contagens foram sensivelmente idênticos.

A sub-amostra B_1 no meio Asp. originou de início um número avultadíssimo de colónias (primeira contagem) e, na segunda, os números encontrados para o meio Asp. e para o meio SE estão relativamente próximos o que, à primeira vista, não parecerá razoável. O facto deve-se ao número acentuadamente elevado de colónias que se formaram, de início, no meio Asp. O decréscimo que este número sofreu para a segunda contagem e no mesmo meio, é extraordinariamente acentuado, mas em valor absoluto é próximo dos valores encontrados quando a sub-amostra foi cultivada no meio SE. Mas agora, há que notar que esta sub-amostra, neste meio, originou para a primeira contagem números bastante inferiores àqueles que tinha originado no meio Asp. Do mesmo modo as coisas se passaram em relação à sub-amostra C_1 .

Série IX:

A maneira como o número de colónias vai aumentando consoante os períodos de contagem é posta em evidência neste ensaio. Por ele se vê não haver em qualquer das sub-amostras e no meio SE uma ordenação sistemática neste acréscimo, isto é, tanto pode aparecer maior número de colónias após a primeira contagem, como após a segunda ou a terceira; no entanto, parece haver uma tendência para se formarem mais colónias nos primeiros períodos de contagem.

A grande dispersão verificada nas sub-amostras de A é explicada pelas diferentes diluições empregadas.

São de notar os casos de variação de χ^2 com o período de contagem.

Série X e Série XI:

Estes ensaios mostram um exemplo que é usual seguir-se quando se pretende fazer um controle de determinado meio.

No primeiro quadro (X) experimentaram-se as três terras A, B e C com os meios: SEb (meio a controlar), SEB (meio padrão), Asp. e YP.

Cada sub-amostra foi controlada em todos os meios, exceptuando em Asp. e YP as sub-amostras A₂, A₃, B₂, B₃, C₂ e C₃, que não foram utilizadas por falta de material.

As contagens foram efectuadas ao fim de 9 dias e indicam que o meio a controlar se comportou de maneira sensivelmente idêntica ao meio padrão e aos dois meios conhecidos excepto na terra C onde o meio SEb actuou de uma forma desfavorável.

No quadro XI, o processo tornou-se mais complexo e mais rigoroso por se terem feito três contagens; no entanto, confirmaram-se os resultados do quadro X, exceptuando no meio SEB, que mostrou valores, nas contagens, ligeiramente inferiores ao meio SEb, na sub-amostra 1 da terra B.

Colhe-se a impressão que o meio SEb proporciona, desde começo, uma melhor multiplicação para as bactérias da sub-amostra B₁ e deixa de observar-se a inibição parcial deste meio sobre a população de C.

Neste ensaio observa-se claramente como difere o crescimento da população, nos meios de SE, do crescimento nos meios Asp. e YP.

Série XII:

Para se ter uma ideia da ordem de precisão da amostragem de campo, procedeu-se a esta experiência em que cada amostra é dividida em duas sub-amostras que são analisadas em duas diluições diferentes, sempre uma o dobro da outra. Neste caso procedemos a três contagens e ficámos assim com a possibilidade de poder comparar entre si, as sub-amostras de cada terra em relação às diluições empregadas nessa terra.

Neste ensaio pode verificar-se que a sub-amostra B₂ teve maior contagem do que qualquer das outras sub-amostras de B.

Pelos resultados das contagens é-se levado a crer que a amostra constituída pelas sub-amostras B₁ e B₂ proviria de uma terra mais rica em microorganismos.

Pela nossa observação identificámos que essa amostra continha uma pequena porção de estrume e isso deverá ter contribuído para o acréscimo verificado, no valor dos microorganismos contados.

As variações que por vezes se verificam nas contagens entre sub-amostras da mesma amostra são frequentes, e a maior parte das vezes originadas por variadíssimas causas que permanecem desconhecidas. Assim, a sub-amostra C₃ originou uma contagem total, com a diluição n, de 130 e a sub-amostra C₄, em idênticas condições, uma contagem de 94.

Pareceria que com a diluição $n/2$ se mantivesse a proporcionalidade. Estes resultados, porém, não se verificaram, e C_4 , que havia proporcionado a menor contagem, 94, ocasionou com a diluição $n/2$ a maior contagem, 68 em relação a 61.

O quadro XII-B permite comparar os 4 meios de cultura em duas diluições.

É de notar que o meio YP ocasionou contagens francamente superiores a qualquer dos outros meios indicando, assim, uma favorável aptidão para determinados microorganismos que não reagem tão favoravelmente nos outros meios ensaiados.

O meio SEB, em relação ao meio padrão SEB, não deu um número de colônias tão favorável mas, no entanto, as diferenças encontradas são extraordinariamente pequenas.

Série XIII:

No intuito de averiguar a maneira como se comportavam as terras de Barnfield e de Broadbalk perante os 4 meios de cultura, estabeleceram-se os ensaios da Série XIII.

O meio de YP passou agora a diluição superior dada a densidade de colônias que apresentou no ensaio anterior.

Neste ensaio, contra a expectativa, o meio Asp. não proporcionou tão avultadas contagens como SEB, quer com as terras de Barnfield quer com as terras de Broadbalk.

O meio YP que, no ensaio anterior, proporcionou tão grande densidade das placas, neste ensaio, por razão desconhecida, mas muito provavelmente em consequência da época da colheita, foi dos meios onde as contagens atingiram menores valores.

Na realidade, a época da colheita de amostras pode ocasionar estas perturbações não esperadas.

Além da discussão que temos vindo a fazer para a apreciação dos resultados de cada uma das séries de análises efectuadas interessa também fazer a comparação dos talhões e séries entre si o que é, de certo modo, difícil dada a complexidade dos ensaios resultante da multiplicidade dos factores a apreciar tanto mais que, como regra, as diluições empregadas não são iguais por imposição das características do material a analisar.

Para facilitar esta comparação, organizou-se o quadro XIV que engloba os resultados das diferentes séries expressos em milhões de microorganismos (bactérias + actinomicetas) por grama de terra seca.

Se bem que na maioria das análises exista uma tendência para uma dispersão anormal entre placas repetidas não se podendo portanto considerar como rigorosamente representativas as médias tomadas, cremos que são permissíveis conclusões de ordem geral sem recorrer à análise estatística.

Sob o aspecto puramente quantitativo, o exame do quadro XIV mostra um grande incremento nas bactérias do talhão estrumado (B) em relação ao talhão testemunha (A); no talhão C a adubação mineral a longo prazo não fez diminuir mas, pelo contrário, elevou o número de bactérias apresentando este incremento uma certa variabilidade com o tempo, ora descendo ao nível da testemunha ora, menos frequentemente, aproximando-se do número do talhão B.

Do quadro XIV é possível também obter informações de ordem qualitativa. Por exemplo, o aparecimento em determinadas datas de diferentes grupos de bactérias é patente quando se comparam contagens em meios diferentes: as bactérias desenvolvendo-se no meio de Thornton apresentam no talhão B uma nítida elevação em número em pelo menos um caso (série VIII), em relação ao extracto de terra.

O mesmo se observa na Série XII em que um grupo, provavelmente necessitando de factores de crescimento, manifesta um enorme incremento apenas no meio de Topping.

Mesmo dentro de grupos gerais (considerados em relação ao mesmo meio de cultura) é possível determinar a existência de sub-grupos por meio da técnica de contagens periódicas: no meio de Thornton (nas séries XI e XIII, talhão B), se repararmos no tipo de crescimento da população no intervalo 9 a 14 dias, verifica-se que se trata de populações diferentes embora crescendo no mesmo meio de cultura, havendo numa das populações, pelo menos, um sub-grupo de crescimento rápido.

Ainda dentro da influência do meio de cultura nota-se, de uma forma geral, que tanto no meio de Thornton como no de Topping o crescimento da população é rápido de início, sendo depois o aparecimento de novas colónias bastante reduzido quando comparado com o que se passa no extracto de terra em que este aparecimento parece continuar, por assim dizer, indefinidamente.

Dentro desta apreciação qualitativa são de notar ainda as variações da composição dos extractos de terra obtidos em datas diferentes quando comparados com o padrão. variação esta avaliada em relação ao quantitativo da população desenvolvida.

A conhecida flutuação da população geral parece evidente nos casos em que a diferença numérica das contagens entre séries de datas

diferentes é demasiadamente grande para ser explicada apenas pela variação na amostragem.

É importante a observação da variação do χ^2 , em alguns casos, com o período de incubação e a oscilação de valores entre limites significativos e não significativos.

O significado do índice de dispersão na apreciação do rigor da técnica não nos parece portanto que deva ser tomado em absoluto, visto poder admitir-se a existência de factores independentes da técnica.

Para os resultados que obtivemos explicamos a ocorrência frequente dos valores altos de χ^2 pela falta de selectividade dos meios de cultura muito especialmente do meio de extracto de terra que facilita a interacção, principalmente a de natureza estimulativa.

2) *Estudo qualitativo*

Pelo nosso estudo qualitativo não é fácil ficar com uma ideia precisa da variação da flora bacteriana das amostras das terras A, B e C.

Na realidade, os grupos nutricionais manifestaram-se duma forma muito idêntica em todas as análises, um tanto contra a nossa previsão.

Interessante, porém, é notar alguns pormenores a que o estudo qualitativo deu ensejo.

Nota-se pelos quadros XV-A, XV-B e XV-C que os grupos nutricionais autónomos quanto a factores de crescimento são identificados logo na primeira contagem e não continuam o seu desenvolvimento com grande incremento, nos períodos subsequentes, dado que, já raramente são observados na segunda e terceira contagens.

Nota-se ainda que a posição relativa que estes grupos ocupavam na primeira contagem passa a ser ocupada na segunda por grupos mais exigentes em factores de crescimento e que esta posição, quando da terceira, pertence aos grupos ainda mais exigentes nesses factores.

Este aspecto, um tanto curioso, desta transformação que a microflora vai sofrendo no meio de cultura durante a incubação, pode ser visto sob algumas hipóteses.

Na primeira contagem nota-se uma preponderância dos grupos nutricionais menos exigentes, o que é lógico, e os outros grupos mais exigentes parece que necessitam do estímulo dos primeiros para dar incremento ao seu desenvolvimento. Na segunda e terceira contagens a população é constituída principalmente por grupos de necessidades de complexidade crescente.

Fica-se, assim, com a ideia de que os grupos nutricionais mais exigentes necessitam «tempo» para se poderem manifestar com todas as suas possibilidades.

Os grupos de necessidades mais complexas predominam nas últimas contagens, visto o factor tempo lhes dar margem para mobilizar as suas fracas capacidades de síntese e, o que talvez seja mais importante, para se dar uma melhor difusão pelo meio de cultura das excreções estimulantes de outras colónias.

Posta assim a acção de estímulo, um outro factor terá certamente influência para o desenvolvimento desta. Referimo-nos ao espaçamento existente entre as colónias de uma placa, isto é, à densidade da placa. As placas mais densas são aquelas que proporcionam a melhor acção estimuladora do grupo B. Esta circunstância traduziria, por ventura, os números encontrados no talhão B (Quadro XV-B). Do mesmo modo, o factor tempo terá interferência, notada mais intensamente nas placas de pequena densidade. Aí existe evidentemente o estímulo dos grupos nutricionais menos exigentes, mas para que esse estímulo se possa difundir necessita de determinado período. Não admira, pois, que alguns grupos mais exigentes, quando localizados próximo de colónias do grupo B, pela acção do seu estímulo, tenham possibilidades de se manifestar diferentemente do modo como na realidade se deveriam comportar, isto é, pela acção deste estímulo durante um certo período esses grupos poderiam adaptar-se a meios nutricionais que, sem ele, não seria possível.

A reforçar esta nossa hipótese do estímulo vêm os resultados por nós encontrados no talhão A quando fizemos as observações das duas metades da placa A_{3.3} (Quadro XVI-A).

Partiu-se de uma placa que dividimos, na altura da primeira contagem, em duas metades de forma que cada uma delas ficasse com as colónias idênticamente distribuídas em número e dimensões. Ora acontece que, contra a expectativa, a segunda metade da placa contém número mais avultado de colónias na segunda e terceira contagens. Podemos crer que uma acção estimulante poderia explicar este facto.

Esta hipótese vem, no entanto, contra aquela apresentada por James e Sutherland (21) quando afirmam que as placas menos densas são as que apresentam uma amostragem mais completa da população, dada a falta de acção de inibidores. A razão desta discrepância deve estar no meio de cultura diferente empregado por nós e por aqueles autores. Para os nossos ensaios usou-se um meio muito pouco selectivo e pobre

o que não aconteceu com os trabalhos de James e Sutherland que empregaram um meio rico e mais selectivo.

É possível que essa interacção inibidora se manifeste também nos meios pobres, porém, devido ao favorecimento dos estimulantes, deve ser menos evidente que no dos casos estudados por aqueles autores, que trabalharam com o meio de Waksman cuja riqueza teria sido favorável à produção de toxinas por parte dos inibidores e desfavorável à interacção estimulativa, além de que observaram placas com uma só contagem e esta efectuada apenas aos 8 dias de incubação.

Para efeitos de cálculo do I. E. B. o número de elementos dos 4 grupos (3, 5, 7 e 9) aproveitados é demasiado baixo e portanto sujeito a erros; é o que acontece com as placas repetidas de C_{3-1} e C_{3-3} em que os índices são bastante diferentes, +32 e -2. Não interessa portanto, nestas condições, comparar desta forma as populações dos talhões entre si.

As grandes diferenças nos índices de equilíbrio bacteriano devem, cremos, apresentar-se apenas na comparação de terras doentes com as normais e é nestes casos que o método de Lochhead tem sido bem sucedido mesmo trabalhando com técnicas imperfeitas.

Quanto aos grupos morfológicos nota-se uma relativa pobreza em bastonetes típicos sendo pouco frequentes os Gram negativos; confirmam-se, assim, as observações de Topping (16) feitas em solos da Inglaterra e Alemanha que diferem, neste aspecto, dos solos americanos estudados por Lochhead e outros.

Uma grande percentagem de bactérias pertence ao género *Arthrobacter* e muitas destas são praticamente idênticas a *A. globiforme* (22).

Os *proactinomicetas* típicos e especialmente as *corinebactérias* tendem a aparecer tarde sobre as placas, existindo uma certa correlação entre estes tipos morfológicos e os grupos Y e SY.

Em numerosas observações microscópicas da morfologia de colónias isoladas (cerca de 2.000) conseguiu-se uma boa correlação entre os *proactinomicetas* típicos (de micélio relativamente estável) e certas colónias ponta de alfinete, de aspecto redondo e denso e com os bordos pilosos; esta correlação foi confirmada por Erikson, tendo sido empregada com sucesso na obtenção duma extensa colecção para um estudo sistemático (23). Completou-se assim, em parte, a classificação de colónias de Conn (24) a quem naturalmente escapou este pormenor, por trabalhar apenas com a gelatina simples. Este investigador afirma ser este o meio mais conveniente para reconhecer facilmente, com pequena ampliação, um certo número de microorganismos, porém, na gelose

de extracto de terra, conseguimos idênticamente distinguir todos os tipos descritos por Conn excepto o *Ps. fluorescens*, e ainda distinguimos os proactinomicetas típicos sem a desvantagem do emprego da gelatina que conduz à rápida inutilização das placas pela acção dos proteolíticos.

Se pensarmos em todas as circunstâncias apontadas, por vezes manifestando-se de uma maneira acentuadamente irregular, e se juntarmos a estes factos a maneira diferente de distribuição e da composição, nos grupos nutricionais, a quando das diferentes contagens, podemos encontrar uma explicação razoável para os valores altos de χ^2 , que tão frequentemente são mencionados nos ensaios quantitativos. É que, à primeira vista, poder-se-lhe-ia atribuir como explicação o emprego de uma técnica defeituosa, mas na verdade os resultados qualitativos demonstram, por assim dizer, que na realidade o desenvolvimento da microflora bacteriana é sujeita a leis tão caprichosas e tão mal definidas que, só por si, podem ocasionar as largas dispersões nos valores das contagens.

Pode evidentemente arranjar-se um método de trabalho em que, com um procedimento particular, se é levado a encontrar valores mais baixos para o χ^2 . Bastaria para o caso que as contagens fossem feitas após os primeiros dias de incubação pois assim já seria fácil encontrar dispersões muito menores. Evidentemente que é intuitivo que chegaríamos a estes resultados pois grande parte da microflora pertencente aos grupos mais exigentes seria desta forma eliminada, especialmente no caso de placas pouco densas.

Um outro processo, mas que não satisfaz para o estudo da microflora dos solos, seria o emprego de meios muito selectivos.

Dado que para o estudo dos solos o meio óptimo a empregar seria o extracto de terra, de todos os meios o menos selectivo, resta como modificação da técnica as contagens nos primeiros dias de incubação e deixar que continue por outros períodos, unicamente para tomar conhecimento da totalidade de colónias desenvolvidas, mas não com o fim da determinação do χ^2 .

B) Contagem de amibas nos três talhões

Foi um resultado estranho aquele que encontrámos em relação à quantidade de amibas existentes nas amostras dos talhões A, B e C, e tão estranho que fez admiração aos cientistas que trabalhavam em Rothamsted.

Pelos nossos resultados chegámos à conclusão que o talhão A era, de todos, o que continha menos amibas e os talhões B e C mostraram-se contendo um número sensivelmente idêntico (Quadro XVII).

A pequena diferença entre o número de amibas activas dos talhões B e C é de explicação difícil em face do diferente teor em matéria orgânica desses talhões, dada a correlação tradicional entre maior quantidade de matéria orgânica e maior número de amibas. Difícil é, ainda, a explicação dada a maior quantidade de bactérias existente no talhão B.

Duas hipóteses se podem apresentar: ou as bactérias do talhão C são, na sua maioria, alimento apropriado para as amibas, ou existem nesse talhão, além das bactérias, outros seres capazes de servirem de substrato, tal como, por exemplo, as algas.

Outra hipótese se poderia ainda admitir, a das amibas do talhão C serem algo diferentes. Dada, porém, a grande semelhança, por nós observada, entre as espécies de amibas nos diferentes talhões, não é de aceitar esta última hipótese.

A hipótese que admitiria a existência no talhão C de outro substrato como alimento que não fosse as bactérias, só pormenorizados estudos a poderiam confirmar.

A hipótese das bactérias do talhão C serem, na maioria, alimento apropriado para as amibas não nos parece que possa ser aceite sem grandes reservas.

Na realidade, grande quantidade de bactérias existentes no talhão C pertencem ao grupo B, e, como adiante se verá, são preferidas pelas amibas, mas o mesmo acontece no talhão B; logo, nada se pode concluir.

Parece razoável deixar em suspenso estas hipóteses que como mérito, o único que terão, será dar uma indicação, ou antes, uma primeira orientação a subseqüentes estudos sobre o assunto.

Pretendemos nós estudar o assunto elaborando uma série de ensaios para determinar a maneira como variavam as populações de amibas e bactérias nos três talhões, consoante a época de colheita, a temperatura e a humidade (Quadro XVII, segunda secção).

Mau grado nosso que, tendo escolhido intervalos muito largos para amostragem, não nos foi possível estabelecer a correlação tal como desejávamos. Pudemos concluir apenas que a temperatura e a humidade exercem a sua acção sobre bactérias e amibas, mas isto sempre em relação à época de colheita da amostra.

C) **Edibilidade das bactérias e proactinomicetas em relação a amibas**

Até ao presente todos os investigadores que se têm dedicado ao estudo da edibilidade das bactérias perante as amibas, têm-se servido indiferentemente de qualquer bactéria desde que seja Gram positiva. Pelo menos pela literatura que temos consultado é a conclusão a que chegamos.

Procedemos nós a algumas experiências de edibilidade em que foram ensaiadas as bactérias dos diferentes grupos nutricionais e donde podemos retirar algumas conclusões interessantes.

Num primeiro ensaio (Quadros XVIII-A e XVIII-B) determinámos quais as bactérias dos diferentes grupos nutricionais que eram mais apetecidas pelas amibas e ordenámos o ensaio de tal maneira que pudessemos identificar inclusivamente, quanto à ordem de aparecimento das bactérias nas placas.

Concluimos que as bactérias do grupo B provenientes de qualquer dos dois talhões seriam as mais apetecidas e isto pode identificar-se principalmente com as bactérias da primeira contagem.

Pelas observações da segunda e terceira contagens, somos levados a crer que a grande maioria das bactérias (mais visível no Quadro XVIII-B) não são apetecidas pelas amibas ensaiadas.

Ocorre perguntar, qual a razão por que se dará esta circunstância? Duas hipóteses se podem formular.

Como sabemos, a grande maioria das bactérias que aparecem na segunda e terceira contagens pertencem aos grupos nutricionais mais exigentes e parece assim que as amibas teriam uma certa repugnância por estas bactérias, ou então a sua constituição seria de tal maneira pobre nalguns elementos que não desse possibilidades para a multiplicação das amibas e estas enquistavam.

Acontece ainda que uma grande percentagem de bactérias encontradas na segunda ou terceira contagem ou são proactinomicetas ou corinebactérias e, de algum modo, pareceu-nos interessante fazer uma experiência da edibilidade com diferentes espécies e raças de proactinomicetas, experiência que até à data não encontramos relatada (Quadro XIX).

Por este ensaio pudemos identificar que, na realidade, a maioria dos proactinomicetas são pouco apetecidos por qualquer das cinco amibas experimentadas, e alguns mesmo nada apetecidos, como aconteceu com as espécies numeradas de 19 a 29.

Este ensaio veio, em parte, confirmar os resultados que tínhamos obtido no ensaio precedente, em que as bactérias do último grupo de contagem não eram apetecidas.

D) Variabilidade dos grupos nutricionais

Não deixaram de ser fundadas as nossas suspeitas de que a passagem por um meio semi-sólido contendo factores de crescimento durante um certo período, no método de Lochhead, poderia originar novas aptidões para as bactérias ou então prejudicá-las nalgumas que possuíam.

São exemplo frisante de que, na realidade, essas nossas suspeitas tinham razão de subsistir, os resultados que encontrámos nas duas experiências sobre a variabilidade dos grupos nutricionais (Quadros XX, XXI-A e XXI-B).

Pode dizer-se que quase a totalidade das bactérias experimentadas sofreram uma certa variabilidade ou mutabilidade em relação aos factores de crescimento. Há casos mesmo em que essa variação foi extremamente acentuada como é, por exemplo, o da bactéria n.º 3 do quadro XX. Esta bactéria teve um comportamento interessante porque, quando proveniente do meio SY, manteve as características do grupo B não sofrendo variabilidade, mas quando proveio do meio AG passou do grupo B para um grupo altamente exigente em factores de crescimento.

Noutros casos como, por exemplo, as bactérias n.ºs 1 e 10, e a passagem pela primeira cultura tornou-as estimuláveis pelo meio SY quando o não eram.

Casos interessantes são também notados com as bactérias n.ºs 10, 11 e 15 que, reagindo ao meio AG, deixaram de reagir e, dentre estas, a bactéria n.º 10 tem interesse especial porque foi retirada do meio AG e a passagem por esse meio ocasionou-lhe uma variabilidade tal que deixou de reagir a ele.

Os casos das culturas 3 (proveniente de AG), 6, 11 e 15 que pertenciam a um grupo pouco exigente nutricionalmente passaram a grupos altamente exigentes.

Com este ensaio ficamos com uma certeza: que os meios AG e SY induziam seguramente variabilidade aos grupos nutricionais.

Era no entanto interessante averiguar se os grupos mantidos em condições mais próximas daquelas que preconiza o método de Lochhead modificaram de algum modo a constituição da amostragem dos grupos nutricionais.

Pelos resultados do nosso ensaio, representados no quadro XXI-A, parece não ter havido interferência alguma nessa constituição da amostragem pela cultura no meio SY. Resta saber se em vez de centrifugar as culturas, fossem aderentes a elas algumas porções do meio nutritivo, os resultados se mantinham.

Quanto à variabilidade em relação aos grupos nutricionais, podemos garantir que se verifica porque a isso fomos levados pelo nosso ensaio, transcritos os resultados no quadro XXI-B. Podemos garantir mesmo que todos os meios experimentados, exceptuando o meio B, induziram a variabilidade com intensidade idêntica àquela que relatamos no primeiro ensaio (Quadro XX).

Nada, porém, podemos dizer agora sobre a constituição da amostragem, visto que a não fizemos, mas estamos crentes que esta constituição não sofrerá grandes modificações. O que pode acontecer é que grupos nutricionais exigentes passem a ter menos exigência ou vice-versa.

Estes nossos resultados permitem-nos tirar uma conclusão de ordem prática: quando se pretende purificar culturas, elas deverão ser mantidas principalmente em meio nutritivo B e não nos meios de cultura usuais que contêm sempre factores de crescimento.

E) Nitrificação por culturas mistas de microorganismos heterotróficos autóctones

A prova evidente de que existem bactérias heterotróficas capazes de nitrificar não tinha sido dada, que nós saibamos, até à data do presente trabalho.

Já frizámos que, em experiências efectuadas por diferentes autores, esta prova tinha sido feita empregando para a identificação dos nitritos e nitratos, métodos colorimétricos tão pouco rigorosos que repugnavam ser aceites pelo químico.

As nossas experiências foram mais longe do que uma identificação pois atingiram o doseamento graças à amabilidade do Dr. Lees.

Pelos resultados por nós encontrados (inseridos no Quadro XXII) pudemos identificar que, quer as bactérias da terra A como as da terra B,

quando agrupadas segundo determinadas consociações, foram capazes de produzir nitrificações em determinado grau.

Torna-se interessante reparar que o maior doseamento foi obtido na cultura mista n.º 3, cultura esta que, além de bactérias, continha ainda amibas e actinomicetas. Não sabemos, visto não termos repetições deste ensaio, se a presença destes microorganismos terá, como à primeira vista parece deduzir-se dos nossos resultados, alguma influência na nitrificação.

Interessante é ainda notar que a nossa experiência nos induz a acreditar que, nalguns casos, após a nitrificação, se opera uma desnitrificação como se infere dos resultados das culturas n.ºs 3, 4 e 6.

F) Ensaio de um método para a comparação nutricional de populações bacterianas sem isolamentos

As deduções que se podem fazer acerca da constituição qualitativa de determinada microflora bacteriana empregando métodos quantitativos são na realidade muito raros, e pode dizer-se mesmo que essa dedução nunca se apoiou na maneira variável do traçado das curvas de crescimento.

Foi este o único processo que architectámos enquanto o nosso trabalho se dedicou especialmente ao estudo quantitativo.

Quando, porém, já havíamos procedido a variadas experiências de natureza qualitativa e depois de nos termos familiarizado com os processos e resultados desses estudos, pudemos imaginar um método quantitativo simples e rápido que permitisse uma análise, embora grosseira, da constituição nutricional das bactérias de uma dada amostra.

O quadro XXIII indica as contagens que efectuámos ao experimentar esse método. Dele se deduz que o número de bactérias aparecidas na primeira contagem e no meio B é sensivelmente idêntico na terra B e C.

O valor da segunda contagem no mesmo meio traduz um acréscimo muito maior para C do que para B. Se reparmos agora no que se passou, quando a cultura foi feita no meio Y, notamos uma certa diferença. Na primeira contagem, C é levemente inferior a B, tal como na segunda, mas o aumento sofrido da primeira para a segunda contagem na terra B é um tanto acentuado, enquanto que na terra C esse valor foi marcadamente mais reduzido.

Daqui se pode concluir que o grande acréscimo encontrado no valor da segunda contagem da terra C e no meio B tem de ser princi-

palmente atribuído a uma acção estimuladora visto que o meio B é um meio pobre em factores de crescimento.

Se assim é, será de esperar que a população da terra C seja rica em grupos nutricionais de grandes exigências, únicos necessitados de receberem esse estímulo.

O pequeno acréscimo notado na segunda contagem em relação à primeira da terra C no meio Y dá-nos possibilidades de formular uma hipótese: se a quantidade de bactérias pouco aumentou durante esse período num meio rico, muito provavelmente uma boa percentagem delas pertencerá ao grupo B e grupos afins deste em exigências de factores de crescimento.

Com raciocínios idênticos concluiríamos que a terra B seria muito rica em grupos nutricionais exigentes quando se fez a cultura no meio B e que o número de colónias do grupo B e afins, quanto a factores de crescimento, terá valor marcado quando a cultura se fez no meio Y. Pela observação visual pudemos marcar as dimensões das colónias e agora reparamos que, na realidade, a contagem conduz a resultados próximos daqueles a que levou o raciocínio.

A terra C, quando a cultura foi feita no meio B, tem uma supremacia das colónias «ponta de alfinete», enquanto que, quando a cultura foi feita no meio Y, se nota quantidade um tanto reduzida dessas colónias e uma supremacia das colónias do tipo B ou afins, mas numéricamente em valor sensivelmente idêntico ao encontrado quando a cultura foi feita no meio B.

Idênticamente se poderia deduzir o que se passa em relação à terra B: supremacia das colónias «ponta de alfinete» quando a cultura foi feita no meio B e o número relativamente avultado do tipo B e afins quando a cultura foi feita no meio Y, mas como o aumento aqui entre as duas contagens foi maior que aquele verificado na terra C com o mesmo meio, as colónias «ponta de alfinete» seriam por isso mais numerosas.

Na terra A, por idênticos raciocínios, se concluiria uma grande preponderância das colónias tipo B e afins quando a cultura foi feita em Y e um valor um tanto acentuado em colónias «ponta de alfinete», quando a cultura foi feita no meio B.

Um dos aspectos mais evidentes dos resultados deste ensaio é o da presença de bactérias de grupos menos exigentes em factores de crescimento reagindo rapidamente ao extracto de levedura o que se verifica pelos valores mais elevados das primeiras contagens, quando efectuadas no meio Y.

Conclusões gerais

— Quantitativamente o talhão estrumado B apresenta maior número de bactérias que o talhão de adubação mineral C e este que o testemunha. Esta relação mantém-se com a data da colheita e com os diferentes meios de cultura empregados, apresentando as contagens do talhão C uma certa variabilidade que as aproxima ora das de A ora das de B.

— As contagens podem ser influenciadas não só pela natureza dos meios de cultura como pela extensão do período de incubação devendo, portanto, ser tomado em consideração este último factor o que até à data não tem sido feito. Em relação ao extracto de terra, verifica-se que a composição deste pode variar com a data da colheita da amostra a partir da qual é preparado.

— Verifica-se que o valor de χ^2 , dentro da mesma série de placas repetidas, pode variar significativamente com o período de incubação podendo esta variação ser explicada pelas interacções na população bacteriana em crescimento.

— Quando se pretende empregar o meio de extracto de terra para verificar o rigor da técnica, deve fazer-se uma contagem no início do aparecimento das colónias aproveitando-se, assim, um meio que permite o desenvolvimento duma grande percentagem das bactérias autóctones mas que é susceptível de apresentar valores altos de χ^2 em incubações prolongadas.

— Qualitativamente é difícil a comparação das populações bacterianas autóctones dos 3 talhões visto que estas, pelo método que foi empregado, se apresentam muito semelhantes (método de Lochhead).

Essa comparação é facilitada pelo emprego de dois ou mais meios de cultura diferentes em que se acompanhe o desenvolvimento quantitativo da população nas placas ao longo do período de incubação, pois verificou-se que o estudo do modo de crescimento de uma população mista pode fornecer dados sobre a sua composição.

— No estudo comparativo de populações devem-se empregar placas de densidade semelhante visto que placas de diferente densidade, dentro da mesma amostra e meio de cultura, podem reagir diferentemente como se concluiu dos conhecimentos adquiridos sobre o efeito estimulativo. O emprego, porém, de séries de placas de densidades diferentes permitirá comparar as populações nestas condições tornando o estudo mais completo.

— Existe uma correlação entre as bactérias autóntomas quanto a factores de crescimento (grupo B) e as que primeiro aparecem sobre as placas; as mais exigentes nestes factores (grupos Y e SY) são geralmente de crescimento lento aparecendo tarde na incubação. Muitas destas últimas bactérias são proactinomicetas e corinebactérias sendo os proactinomicetas típicos reconhecíveis, na gelose de extracto de terra, com uma objectiva de fraca ampliação.

— Nota-se uma grande variabilidade, sob o ponto de vista nutricional, induzida pela permanência em meios contendo factores de crescimento, variabilidade que atinge todos os grupos. Das experiências sobre a variabilidade das bactérias e do facto da acção estimulativa (e portanto modificadora sobre parte delas) nas placas de isolamento, infere-se que uma placa pouco densa tenha menos probabilidades de sofrer esta acção e que a apreciação da sua composição, sob o ponto de vista nutricional, esteja menos sujeita a erro.

— As bactérias heterotróficas autóctones em cultura mista são capazes de efectuar a oxidação do sulfato de amónio quando submetidas a condições de autotrofismo.

— O talhão testemunha A apresenta uma contagem de amibas manifestamente inferior à dos talhões B e C. Ao contrário, porém, do que era de esperar, o número de amibas activas do talhão C difere pouco do talhão B. Esta pequena diferença não é explicável pelos respectivos teores em matéria orgânica ou em bactérias o que origina um novo problema nas relações entre amibas e bactérias.

— As bactérias de crescimento rápido nas placas de isolamento apresentam uma maior tendência para servir de substracto às amibas, o contrário sucedendo, em geral, com as de crescimento lento. A edibilidade dos proactinomicetas é, geralmente, quase nula.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Luís António de Almeida Goes não podemos deixar de expressar o nosso mais grato reconhecimento pelos ensinamentos, orientações e conselhos que se tem dignado dispensar-nos.

Ao Dr. H. G. Thornton agradecemos todas as facilidades prestadas e a maneira amável como nos distinguiu durante a nossa estadia no Departamento de Microbiologia do Solo de Rothamsted.

Ao Dr. H. Lees reconhecidos ficamos pela ajuda que nos concedeu com a efectivação das análises químicas.

Ao Dr. B. N. Singh agradecemos a sua importante colaboração na contagem de amibas.

A todos os nossos colegas da Secção de Microbiologia do Centro de Estudos de Microbiologia e Tecnologia Agrícola e da Estação de Lacticínios bem como a todos os investigadores do Departamento de Microbiologia do Solo de Rothamsted, os nossos melhores agradecimentos.

Ao British Council pela concessão da bolsa de estudo, durante a qual efectuámos os nossos ensaios, aqui expressamos o nosso reconhecimento.

BIBLIOGRAFIA

- (1) HILDEBRAND, A. A. and P. M. WEST, 1941, *Canad. J. Res.* [C] 19:183-198.
- (2) WEST, P. M. and A. A. HILDEBRAND, 1941, *Canad. J. Res.* [C] 19:199-210.
- (3) LOCHHEAD, A. G., 1947, Manuscrito para o 4.º Congresso Internacional de Microbiologia.
- (4) LOCHHEAD, A. G. and F. E. CHASE, 1943, *Soil Sci.* 55:185-195.
- (5) WEST, P. M. and A. G. LOCHHEAD, 1940, *Soil Sci.* 50:409-420.
- (6) LOCHHEAD, A. G., 1940, *Canad. J. Res.* [C] 18:42-53.
- (7) KATZNELSON, H. and F. E. CHASE, 1944, *Soil Sci.* 58:473-479.
- (8) LOCHHEAD, A. G. and THEXTON, 1947, *Canad. J. Res.* [C] 25:20-26.
- (9) KATZNELSON, H. and L. T. RICHARDSON, 1943, *Canad. J. Res.* [C] 21:249-255.
- (10) WEST, P. M. and A. G. LOCHHEAD, 1940, *Canad. J. Res.* [C] 18:129-135.
- (11) CUTLER, D. W., 1920, *J. Agric. Sci.* 10(2):135-143.
- (12) SINGH, B. N., 1946, *Ann. app. Biol.* 33:122-119.
- (13) FISHER, R. A. and F. YATES, 1943, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*. 2d ed. Oliver and Boyd; Edinburgh and London.
- (14) TAYLOR, C. B. and A. G. LOCHHEAD, 1938, *Canad. J. Res.* [C] 16:162-173.
- (15) THORNTON, H. G., 1922, *Ann. app. Biol.* 9:241-274.
- (16) TOPPING, L. E., 1937, *Zbl. Bakt.*, II. Abt. 97:289-304.

- (17) SINGH, B. N., 1949, *J. gen. Microbiol.* 3:204-210.
 (18) LEES, H., 1946, *J. Agric. Sci.* 37(1):27-28.
 (19) BARRITT, N. W., 1933, *Ann. app. Biol.* 20:165-184.
 (20) LEES, H. and J. H. QUASTEL, 1946, *Biochem. J.* 40:803-815.
 (21) JAMES, N. and M. SUTHERLAND, 1940, *Canad. J. Res. [C]* 18:347-356.
 (22) CONN, H. J. and I. DIMMICK, 1947, *J. Bact.* 54:291-303.
 (23) ERIKSON, D., 1949, *J. gen. Microbiol.* 3:361-368.
 (24) CONN, H. J., 1948, *Bact. Rev.* 12:257-273.

QUADROS DOS RESULTADOS

QUADRO I

24-3-45

Asp.	A		B		C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
	8	8	98	50	15	9
	20	6	90	60	23	10
	14	7	94	55	19	10

(1) — 1 : 50.000 ; (2) — 1 : 100.000.

QUADRO II

16-4-45

Humidade (‰) — A: 15,5; B: 20,5; C: 17,5

Asp.	A		B		C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
	47	36	137	64	86	37
	44	26	98	95	88	44
	40	24	101	65	88	33
	51	24	117	73	100	49
	45	27	113	74	90	41
	1,4	3,3	8,4	8,5	1,3	3,6
Az	102	56	187	126	126	160
	79	60	193	101	150	137
	65	48	183	147	148	161
	78	38	229	145	150	116
	81	50	198	130	143	143
	9,2	5,6	6,7	10,5	2,7	13,9

(1) — 1 : 50.000 ; (2) — 1 : 100.000.

QUADRO III

11-10-45 Humidade (%) — A: 13,0; B: 16,0; C: 12,0

	A (1 : 250.000)		B (1 : 250.000)		C (1 : 250.000)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
S E	14	18	29	43	16	19
	16	18	23	39	18	19
	17	22	22	44	19	23
	16	19	25	42	18	20
	0,3	0,5	1,1	0,3	0,3	0,5
Asp.	14	20	15	29	19	24
	18	24	17	37	16	23
	13	22	17	34	13	20
	15	22	16	33	16	22
	0,9	0,4	0,2	1,3	1,1	0,3

(1) Contagem aos 5 dias. (2) Contagem aos 14 dias.

QUADRO IV

5-4-46 Humidade (%) — A: 10,0; B: 14,5; C: 10,0

	A (1 : 66.000)		B (1 : 200.000)		C (1 : 100.000)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
S E	52	86 (20)	54	65 (21)	77	97 (18)
	48	61 (9)	55	68 (16)	95	124 (15)
	49	59 (9)	52	60 (27)	119	140 (30)
	50	69	53	64	97	120
	0,2	6,1	0,1	0,5	9,1	7,9
1	67	82 (7)	63	90 (36)	80	88 (18)
	45	62 (9)	96	117 (25)	88	104 (19)
	69	81 (15)	41	51 (23)	92	125 (22)
	60	75	67	86	87	106
	5,9	3,4	22,7	26,4	0,8	6,5
2	48	56 (11)	47	84 (22)	82	79 (19)
	64	67 (6)	76	95 (30)	52	77 (18)
	55	62 (7)	49	55 (15)	80	100 (30)
	56	62	57	78	71	85
	3,2	1,0	9,2	11,6	8,0	3,8
3	51 (3)		60 (19)		85 (8)	
	50 (8)		52 (12)		96 (16)	
	42 (4)		37 (17)		86 (10)	
	48		50		89	
	1,0		5,4		0,6	
Asp.	51 (3)		60 (19)		85 (8)	
	50 (8)		52 (12)		96 (16)	
	42 (4)		37 (17)		86 (10)	
	48		50		89	
	1,0		5,4		0,6	

(1) Contagem aos 13 dias. (2) Contagem aos 15 dias.

QUADRO V

13-5-46

Humidade (%) — A: 11,5; B: 18,0; C: 13,0

	A (1: 200.000)			B (1: 200.000)			C (1: 200.000)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SE (21 dias)	60 (12) 79 (17) 56 (15) 65 4,6	57 (14) 50 (13) 83 (15) 63 9,7	71 (18) 71 (23) 46 (8) 63 13,6	204 (46) 200 — 202 0,04	171 162 (62) 218 184 9,8	154 (40) 175 239 189 20,7	121 (29) 105 (19) 105 (14) 110 1,6	86 (14) 116 (21) 147 (24) 116 16,0	178 (53) 143 (24) 135 (28) 152 6,9
Asp. (10 dias)	16 (6) 23 (6) 26 (7) 22 2,5			60 (27) 53 (26) 42 (17) 52 3,2	38 (13) 44 (24) 57 (26) 46 4,2	54 (22) 53 (19) 34 (14) 47 5,4	29 (8) 27 (2) 17 (3) 24 3,2		

QUADRO VI

28-5-46

Humidade (%) — A: 19,5; B: 22,0; C: 17,0

	A (1: 165.000)			B (1: 330.000)			C (1: 330.000)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SE (21 dias)	64 (9) 89 (8) 83 (9) 79 4,3	66 (6) 69 (11) 71 (9) 69 0,2	72 (8) 76 (20) 96 (13) 81 4,1	95 159 135 130 16,1	211 165 187 188 5,6	156 (21) 163 (32) 195 (21) 171 5,1	59 (8) 53 (8) 46 (9) 53 1,6	86 (5) 56 (5) 79 (11) 74 7,0	71 (15) 50 (7) 58 (7) 60 3,7
Asp. (30 dias)	85 (3) 106 (5) 100 (4) 97 2,4			150 (18) 128 (14) 160 (12) 146 3,6			57 (7) 65 (6) 105 (10) 76 17,4		

QUADRO VII

20-6-46

Humidade (0/0) -- A : 15,5 ; B : 20,5 ; C : 15,0

A			B (1 : 660.000)			C (1 : 330.000)				
1 (1 : 110.000)			2 (1 : 165.000)			1				
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)		
SE										
(1150)(*)										
59 + 9 + 35 = 103	(16)	40 + 11 + 22 = 73	28 + 8 + 16 = 52	(1)	(2)	(3)	35 + 10 + 9 = 54	(1)	(2)	(3)
53 + 6 + 30 = 89	(11)	48 + 5 + 15 = 68	37 + 13 + 11 = 61				46 + 8 + 13 = 67			
64 + 15 + 29 = 108	(12)	49 + 12 + 10 = 71	30 + 4 + 13 = 47							
63 + 1 + 9 = 73	(18)	39 + 6 + 21 = 66	35 + 5 + 18 = 58							
95		70	55				61			
SE										
(1000)(*)										
75 + 12 + 19 = 106	(7)	57 + 2 + 20 = 79	(10)	49 + 7 + 10 = 66	(14)	32 + 17 + 8 = 57	(11)	36 + 9 + 6 = 51	(10)	
62 + 10 + 24 = 96	(17)	35 + 13 + 8 = 56	(10)	39 + 21 + 16 = 76	(8)	61 + 26 + 15 = 102	(19)	37 + 16 + 12 = 65	(8)	47 + 10 + 25 = 82
59 + 16 + 31 = 106	(12)	25 + 13 + 16 = 54	(9)	59 + 6 + 21 = 86	(14)	34 + 15 + 19 = 68	(13)	32 + 12 + 10 = 54	(10)	66 + 16 + 22 = 104
71 + 10 + 31 = 112	(24)	51 + 6 + 19 = 76	(11)	46 + 7 + 33 = 86	(18)	38 + 14 + 14 = 66	(17)	44 + 7 + 9 = 60	(6)	62 + 8 + 15 = 85
103		66		79		75		58		90

Contagens aos : (1) 12 ; (2) 15 ; (3) 21 dias.

(*) Temperatura de preparação dos meios (extração e esterilização).

Valores de χ^2

115	1,25	5,5	8,0	1,9	2,5	0,4	1,6	3,5	2,16	7,6	6,7	10,1	1,5	0,8	0,75	0,9	0,9	4,2
100	2,6	1,7	1,6	15,3	9,1	7,8	4,3	1,4	3,5	13,1	17,5	15,1	2,1	1,1	2,0	3,3	2,5	3,6

QUADRO VIII

8-7-46

Humidade (%) — A: 10,0; B: 15,0; C: 10,0

	A (1: 200.000)	B (1: 800.000)	C (1: 400.000)
SE	(1) (2) 29 + 29 = 58 (9) 49 + 27 = 76 (7) 33 + 23 = 56 (7) 54 + 25 = 79 (10) <u>67</u> 10,8 4,9	(1) (2) 48 + 19 = 67 (4) 45 + 31 = 76 (4) 40 + 29 = 69 (4) 29 + 27 = 56 <u>67</u> 5,2 3,0	(1) (2) 24 + 16 = 40 (8) 21 + 12 = 33 (3) 28 + 5 = 33 (10) 31 + 7 = 38 <u>36</u> 2,2 1,1
1			
2	37 + 27 = 64 (5) 42 + 12 = 54 (8) 36 + 17 = 53 (6) 48 + 25 = 73 (8) <u>61</u> 2,2 4,3		
3	36 + 23 = 59 (7) 39 + 17 = 56 (7) 43 + 17 = 60 (5) 34 + 23 = 57 (6) <u>58</u> 1,2 0,2		
Asp.	38 + 9 = 47 46 + 12 = 58 51 + 12 = 63 37 + 3 = 40 <u>52</u> 3,1 6,3	105 + 17 = 112 105 + 22 = 127 83 + 17 = 100 <u>113</u> 3,6 3,2	48 + 7 = 55 44 + 15 = 59 35 + 8 = 43 34 + 9 = 43 <u>50</u> 3,3 4,1

1, 2 e 3: sub-amostras.

Contagens aos: (1), 12; (2) 30 dias.

QUADRO IX

27-8-46

Humidade ($^0/0$) — A: 11,5; B: 18,5; C: 13,5

	A (*)			B (1: 400.000)			C (1: 200.000)		
SE	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
1	28+26	54+10	64 (5)	49+42	91+24	115 (9)	35+15	50+13	63 (13)
	17+21	38+9	47 (5)	46+18	64+34	98 (18)	33+12	45+24	69 (10)
	30+21	51+11	62 (7)	42+14	56+25	81 (20)	30+23	53+22	75 (7)
	25	48	58	46	70	98	33	49	69
	3,9	3,2	3,1	0,5	9,8	5,9	0,4	0,6	1,0
2	42+18	60+10	70 (10)	42+24	66+25	91 (16)	43+31	74+14	88 (16)
	43+33	76+7	85 (16)	36+18	54+5	59 (13)	30+19	49+9	58 (3)
	46+18	64+30	94 (15)	64+28	92+25	117 (22)	34+21	55+9	64 (7)
	44	67	82	47	71	89	36	59	70
	0,2	2,0	3,5	9,5	10,5	26,8	2,4	5,9	5,8
3	98+54	152+38	190 (19)	41+72	113+76	189 (19)	39+38	77+24	101 (10)
	62+21	83+29	112 (15)	38+41	79+28	107 (11)	28+19	47+15	62 (6)
	67+28	95+47	142 (15)	28+19	47+22	69 (15)	33+32	65+18	83 (5)
	76	110	148	36	80	122	33	63	82
	9,8	24,7	20,9	2,8	27,2	61,4	1,8	7,2	9,3
Asp.	30+31	61		43+33	76		27+24	51	
	32+18	50		42+36	78		22+22	44	
	31+16	47		54+63	117		33+19	52	
	31	53		46	84		27	49	
	0,07	2,0		2,0	11,8		3,3	0,8	
YP	30+19	49		52+37	89		51+16	67	
	29+25	54		76+25	101		58+22	80	
	55+5	60		50+26	76		56+16	72	
	38	54		59	89		55	73	
	11,4	1,1		5,4	3,5		0,5	1,2	

(*) A 1 — perda de parte da diluição inicial durante o esmagamento. A 2 — 1:100.000. A 3 — 1:66.000.
 Contagens aos: (1), 6; (2) 12; (3) 21 dias.

QUADRO X

28-9-46

Humidade (%) — A : 15,0; B : 19,0; C : 15,5

	A (1:100.000)			B (1:800.000)			C (1:200.000)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SE b	97	48	75	39	30	45	48	57	34
	28	109	56	62	24	41	32	49	28
	46	95	66	30	48	48	32	32	58
	57	84	64	44	34	45	37	46	33
	45,0	24,5	2,8	12,2	9,2	0,5	3,4	7,5	1,51
SE B	73	47	62	41	81	56	62	68	85
	54	64	54	48	38	38	60	101	60
	32	116	55	64	31	70	90	129	62
	53	76	57	51	50	55	71	89	64
	16,0	34,0	0,8	5,4	26,9	10,5	6,5	18,8	5,6
Asp.	36			17			39		
	36			26			19		
	83			30			23		
	52			24			27		
	4,4			3,6			8,3		
YP	65			48			65		
	66			39			71		
	43			41			68		
	58			43			68		
	5,8			1,0			0,5		

Contagem aos 9 dias.

QUADRO XI

10-11-46

Humidade % = A : 23,0 ; B : 22,5 ; C : 18,5

	A (1 : 100.000)			B (1 : 400.000)			C (1 : 200.000)		
SEb	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
1	66 + 36 + 24 =	126		60 + 35 + 34 =	129		91 + 33 + 25 =	149	
	61 + 34 + 34 =	139		78 + 47 + 37 =	162		67 + 23 + 26 =	116	
	72 + 24 + 26 =	122		84 + 24 + 44 =	152		84 + 27 + 20 =	131	
	61 + 41 + 31 =	133		91 + 31 + 32 =	164		73 + 26 + 28 =	127	
		130			152			131	
2	91 + 36 + 33 =	160		88 + 41 + 34 =	163		86 + 33 + 27 =	146	
	96 + 18 + 26 =	140		71 + 42 + 46 =	163		121 + 58 + 40 =	219	
	107 + 38 + 50 =	185		73 + 28 + 39 =	140		95 + 42 + 32 =	169	
	110 + 34 + 46 =	190		65 + 20 + 34 =	119		104 + 23 + 31 =	158	
		169			146			173	
3	53 + 13 + 34 =	100		79 + 39 + 40 =	158		75 + 43 + 37 =	155	
	45 + 26 + 16 =	87		65 + 20 + 22 =	107		87 + 36 + 37 =	160	
	73 + 33 + 35 =	141		72 + 35 + 38 =	145		101 + 45 + 36 =	182	
	56 + 19 + 33 =	108		73 + 28 + 34 =	135		108 + 31 + 31 =	170	
		109			136			167	
SE B	61 + 13 + 34 =	108		53 + 33 + 43 =	129		113 + 21 + 23 =	157	
	68 + 19 + 23 =	107		50 + 40 + 31 =	121		70 + 22 + 15 =	107	
	84 + 32 + 28 =	144		51 + 25 + 41 =	117		79 + 32 + 20 =	131	
	71 + 46 + 22 =	139		49 + 23 + 28 =	100		83 + 31 + 47 =	161	
		125			117			139	
Asp.	55 + 17 + 9 =	81		62 + 32 + 14 =	108		72 + 20 + 9 =	81	
	53 + 16 + 9 =	78		43 + 19 + 4 =	66		55 + 11 + 7 =	73	
	43 + 5 + 3 =	51		51 + 11 + 9 =	71		61 + 26 + 11 =	98	
	91 + 14 + 16 =	121		67 + 17 + 11 =	95		68 + 18 + 4 =	90	
		83			85			86	
YP	99 + 12 + 11 =	122		135 + 20 + 15 =	170		125 + 8 + 5 =	138	
	92 + 42 + 6 =	140		132 + 22 + 13 =	167		126 + 21 + 7 =	154	
	97 + 14 + 6 =	117		107 + 30 + 7 =	144		119 + 17 + 4 =	140	
	79 + 5 + 4 =	88		129 + 25 + 12 =	166		104 + 19 + 3 =	126	
		117			162			140	

Contagens aos : (1) 9 ; (2) 14 ; (3) 34 dias.

Valores de χ^2

1,3	0,3	1,3	6,8	5,0	5,1	4,6	6,1	4,3
2,2	5,0	9,5	4,0	9,7	13,7	6,7	15,3	17,8
7,3	11,9	14,6	1,3	5,9	10,4	7,2	4,0	2,6
3,9	14,6	9,3	0,1	2,7	3,8	12,2	7,9	13,6
22,5	22,4	30,1	6,1	9,5	14,0	2,7	4,8	3,8
2,7	15,4	11,9	3,9	1,5	2,7	2,6	2,2	3,9

QUADRO XII-A

11-1-47

Humidade (%)- A : 23,5; B : 26,3; C : 19,0

A	A 1			A 2			A 3			A 3		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
[n]	44+	7+	6=57	21+	9+	6=36	19+	9+	4=32	25+	12+	17=54
	42+	11+	13=66	33+	20+	20=73	32+	21+	11=64	32+	8+	10=50
	31+	6+	7=44	29+	15+	13=57	24+	12+	8=44	36+	7+	20=63
	39	8	9 56	28	15	13 56	25	14	8 47	31	9	16 56
(n/2)	10+	8+	6=24	22+	7+	6=35	20+	6+	2=28	19+	9+	2=30
	9+	2+	-=11	17+	6+	5=28	23+	3+	6=32	27+	9+	7=43
	16+	4+	6=26	18+	13+	5=36	17+	4+	9=30	24+	27+	11=62
	12	5	4 20	19	9	5 33	20	4	6 30	25	15	7 45

B	B 1			B 2			B 3			B 4		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
[n]	85+	13+	44=142	172+	13+	37=222	61+	29+	21=111	40+	33+	15= 88
	93+	11+	22=126	157+	6+	17=180	62+	16+	26=104	81+	36+	34=151
	90+	16+	28=134	238+	16+	40=294	83+	10+	18=111	104+	42+	27=173
	89	13	31 133	189	12	31 232	69	18	22 109	75	37	25 137
(n/2)	44+	10+	17= 71	79+	7+	7= 93	28+	12+	4= 44	28+	17+	14= 59
	51+	13+	16= 80	88+	9+	9=106	45+	16+	20= 81	32+	6+	13= 51
	58+	11+	16= 85	110+	11+	23=144	24+	13+	11= 48	26+	19+	18= 63
	51	11	16 78	92	9	13 114	32	14	12 58	29	14	15 58

C	C 1			C 2			C 3			C 4		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
[n]	47+	14+	12= 73	73+	15+	23=111	92+	24+	13=129	61+	10+	17= 88
	57+	17+	35=109	77+	28+	22=127	91+	20+	18=129	77+	14+	13=104
	52+	16+	16= 84	59+	12+	24= 95	101+	16+	15=132	65+	10+	14= 89
	52	16	21 89	70	18	23 111	95	20	15 130	68	11	15 94
(n/2)	29+	4+	12= 45	28+	17+	17= 62	38+	13+	8= 59	51+	9+	11= 71
	26+	8+	4= 38	41+	9+	7= 57	39+	17+	14= 70	39+	15+	18= 72
	28+	16+	12= 56	24+	12+	11= 47	36+	7+	12= 55	31+	15+	15= 61
	28	9	9 46	31	13	12 56	38	12	11 61	40	13	15 68

Contagens aos : (1) 10 ; (2) 18 ; (3) 27 dias.

n (A,C) - 1 : 200.000.

n (B) - 1 : 400.000.

Meio de cultura : SEB

Valores de χ^2

2,5	3,2	4,4	2,8	6,3	12,3	3,4	8,3	11,1	2,0	0,5	1,6
2,2	2,6	6,3	0,7	1,3	1,2	0,9	0,6	0,3	2,3	7,3	11,5
0,4	0,4	1,0	20,0	22,3	28,7	4,5	1,4	0,4	21,6	24,1	28,2
1,9	1,8	1,3	5,6	6,4	12,3	8,0	7,4	14,2	0,7	0,9	1,3
1,0	1,3	7,6	2,6	6,5	4,6	0,6	0,2	0,05	2,0	2,8	1,6
0,2	2,0	3,7	5,1	2,4	2,1	0,1	1,7	2,0	5,2	1,8	1,1

QUADRO XII-B

	SE b	SE B	Asp.	YP
A	(2) (3) (4)	(2) (3) (4)	(1) (2) (3) (4)	(1) (2) (3) (4)
(n)	44+7+6=57	37+26+25=88	26+18+11+2=57	82+24+10+6=122
	42+11+13=66	38+16+17=71	29+19+14+6=68	85+36+14+6=141
	31+6+7=44	39+11+15=65	22+10+12+4=48	84+30+12+6=132
	39 8 9 56	38 18 19 75	26 16 12 4 58	84 30 12 6 132
$\left(\frac{n}{2}\right)$	10+8+6=24	17+7+10=34	10+3+4+3=20	47+22+2+3=74
	9+2+=11	12+8+7=27	9+2+7+4=22	45+32+6+1=84
	16+4+6=26	20+9+2=31	11+3+8+=22	41+16+9+7=73
	12 5 4 21	16 8 6 31	10 3 6 2 21	44+23+6 4 77
B				
(n)	85+13+44=142	76+16+30=122	23+33+20+4=80	
	93+11+22=126	109+21+24=154	28+27+22+3=80	
	90+16+28=134	101+15+23=139	22+26+16+7=71	
	89 13 31 133	95 17 26 138	24 29 19 5 77	
$\left(\frac{n}{2}\right)$	44+10+17=71	62+10+9=81	18+17+5+2=42	241+84+34+18=377
	51+13+16=80	54+7+17=78	15+13+9+2=39	132+55+11+11=209
	58+11+16=85	48+14+14=76	13+11+8+1=33	158+33+15+13=219
	51 11 16 78	45 10 10 78	15 14 7 2 38	177 57 20 14 268
C				
(n)	47+14+12=73	72+14+20=106	31+17+4+1=53	129+66+17+33=245
	57+17+35=109	60+16+18=94	37+12+5+4=58	147+66+11+14=238
	52+16+16=84	78+15+12=105	30+18+6+1=55	
	52 16 21 89	70 15 17 102	33 16 5 2 55	138 66 14 24 242
$\left(\frac{n}{2}\right)$	29+4+12=45	27+5+13=45	21+9+8+2=40	76+28+3+5=112
	26+8+4=38	33+5+8=46	21+3+3+=27	68+40+10+12=130
	28+16+12=56	37+10+9=56	17+11+4+1=33	63+36+10+5=114
	28 9 9 46	32 7 10 49	20 8 5 1 33	69 35 8 7 119

Contagens aos: (1) 4; (2) 10; (3) 18; (4) 27 dias.

Valores de χ^2

2,5	3,2	4,4	0,05	1,5	3,7	1,0	3,3	3,1	3,4	0,05	0,9	1,6	1,4
2,2	2,6	6,3	2,0	1,7	0,8	0,2	0,4	0,7	0,3	0,4	3,0	3,5	1,0
0,4	0,4	1,0	6,0	6,6	3,7	1,0	0,7	1,4	0,7				
1,9	1,8	1,5	1,8	1,1	0,2	0,9	2,1	0,9	1,1	36,6	51,9	64,0	66,6
1,0	1,3	7,6	2,4	1,7	0,9	0,8	0,01	0,01	0,3	1,2	0,8	0,3	0,1
0,2	2,0	3,7	1,6	2,9	1,5	0,7	0,7	1,9	2,6	1,2	0,4	0,7	1,6

	A (1 : 100.000)		B (1 : 400.000)		C (1 : 200.000)	
	1	2	1	2	1	2
	(1) (2) (3)	(1) (2) (3)	(1) (2) (3)	(1) (2) (3)	(1) (2) (3)	(1) (2) (3)
SEb (n)	88+37+43=168 93+38+68=199 124+32+31=187 185	119+47+32=198 120+20+49=189 138+52+44=224 204	98+57+38=193 81+17+34=132 103+47+28=178 168	65+28+22=115 63+52+60=175 61+31+47=139 143	121+45+30=196 151+55+32=238 140+33+20=193 209	51+26+25=102 48+32+26=106 78+34+34=146 118
($\frac{n}{2}$)	77+27+27=131 53+29+22=104 60+23+38=121 119	52+23+39=114 66+30+33=129 45+23+40=118 120	60+28+21=109 48+29+27=104 55+34+30=119 111	53+47+27=127 50+29+24=103 50+32+15=97 109	41+25+18=84 36+23+36=95 40+20+26=86 88	24+16+21=61 25+17+18=60 15+10+9=34 52
SEB (n)	170+69+23=262 120+53+22=195 146+65+24=235 231		76+44+16=136 61+63+16=140 138		104+55+26=185 103+105+24=232 102+66+39=207 208	
Asp. (n)	44+38+-=82 40+23+2=65 70+65+-=135 94		42+67+-=109 38+77+1=116 30+83+3=116 114		49+40+2=91 52+33+2=87 66+53+2=121 100	
YP ($\frac{n}{2}$)	33+8+2=43 55+14+1=70 40+16+3=59 57		38+11+3=52 33+7+2=42 20+16+1=37 44		32+5+4=41 36+9+1=46 27+22+-=49 45	
($\frac{n}{4}$)	28+5+1=34 17+9+1=27 19+2+-=21 27		23+8+4=32 10+3+-=13 23+3+-=26 24		35+9+-=44 19+8+-=27 14+7+-=21 51	

Contagens aos : (1) 8 ; (2) 14 ; (3) 24 dias. n = diluição.

Valores de χ^2

7,3	4,0	2,6	1,7	7,6	3,2	2,8	15,0	12,0	0,1	3,4	13,5	3,6	4,8	6,5	9,3	8,4	10,0
4,8	3,4	3,1	4,2	5,2	1,0	1,6	1,1	1,2	0,1	3,0	4,6	0,4	0,5	0,8	2,9	4,8	9,0
						1,9	0,07	0,06				0,02	7,6	5,3			
15,7	30,0	28,3				2,0	0,2	0,3				3,0	7,4	6,7			
5,7	7,2	6,6				5,6	2,1	2,7				1,3	1,7	0,8			
3,3	2,7	3,2				5,4	5,7	8,0				10,2	9,2	9,2			

QUADRO XIII-B

Humidade (%) — A : 19,5; B : 26,0; C : 19,5

	A (1 : 100.000)			B (1 : 400.000)			C (1 : 200.000)		
	1	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	1	(2)	(3)
SEB (n)	152+36+36=224 106+18+28=152 147+30+48=225 200	(1) 101+33+58=192 119+47+44=210 107+43+62=211 204	(3) 52+24+20=96 61+27+34=122 57+32+35=122 113	(1) 58+24+20=102 49+22+18=89 44+20+23=87 93	(2) 52+36+22=110 62+37+22=121 71+43+34=148 126	(3) 57+11+14=82 68+21+23=112 60+21+17=98 97	1	(2)	(3)
(n)	63+37+28=128 68+24+34=126 64+25+28=117 124	(1) 54+22+34=110 52+25+25=102 52+31+50=133 115	(3) 27+13+7=47 22+13+19=54 25+19+16=60 45	(1) 26+27+20=73 45+32+10=87 25+24+17=66 75	(2) 28+11+8=47 38+14+11=63 33+10+11=53 54	(3) 33+25+21=79 34+20+20=74 76			
SEB (n)	88+30+30=157 118+41+24=183 99+47+35=181 174	(1) 47+37+28=112 47+31+31=109 41+30+19=90 104	(3) 20+21+2=43 26+15+1=42 31+17+5=53 46	(1) 50+37+28=115 44+44+18=106 40+32+21=93 105	(2) 30+20+ = 50 37+21+1=59 36+8+ = 44 51	(3) 22+3+ = 25			
ASP. (n)	55+36+ = 91 54+28+ = 82 53+16+3=72 82	(1) 22+2+1=25 21+7+ = 28 22+5+ = 27 27	(3) 8+3+ = 11 12+2+1=15 11+3+2=16 14	(1) 15+4+ = 19 15+1+ = 16 18	(2) 2,6 1,9 1,1 0,9 0,0	(3) 3,4 2,0 2,0 1,9 0,3	6,2 2,4 2,5 2,2 0,3		
YP (n)	18+4+2=24 34+3+1=38 31+4+1=36 35	(1) 2,0 2,6 3,1 0,8	(3) 4,2 1,6 2,7 1,6 0,2 1,0	(1) 2,0 8,0 2,0 8,0 2,0 8,0	(2) 2,5 7,7 3,1 3,1 3,1 3,1	(3) 1,4 3,1 3,1 3,1 3,1 3,1	2,6 1,9 1,1 0,9 0,0	3,4 2,0 2,0 1,9 0,3	6,2 2,4 2,5 2,2 0,3
(n)	9,4 0,2 4,8 0,04 0,2 5,4	14,4 0,7 2,8 3,0 0,04 4,1	17,5 0,6 2,4 2,2 0,01 3,7	1,5 0,06 0,4 0,4 0,4 0,4	3,9 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4	1,3 4,5 4,5 4,5 4,5 4,5	0,7 0,5 0,5 2,3 0,03 0,8	1,3 1,0 1,1 0,8 0,3 0,5	4,2 1,6 2,7 1,6 0,2 1,0

Contagens aos : (1) 8 ; (2) 14 ; (3) 24 dias. n = diluição.

Valores de χ^2

9,4	14,4	17,5	1,5	3,9	1,3	0,7	1,3	4,2	2,0	2,5	1,4	2,6	3,4	6,2	1,1	2,9	4,7
0,2	0,7	0,6	0,06	0,4	4,5	0,5	1,0	1,6	8,0	7,7	3,1	1,9	2,0	2,4	0,03	0,1	0,2
4,8	2,8	2,4				0,5	1,1	2,7				1,1	2,0	2,5			
0,04	3,0	2,2				2,3	0,8	1,6				0,9	1,9	2,2			
0,2	0,04	0,01				0,03	0,3	0,2				0,0	0,3	0,3			
5,4	4,1	3,7				0,8	0,5	1,0				0,0	0,3	0,3			

QUADRO XIV

	Humidade (%)			A			A			A			A		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
I	(15) 10 dias	(20) Asp.	(17)	0,8	6,9	1,1									
II	15,5 10 dias	20,5 Asp.	17,5	3,3	9,3	5,0									
III	13 14 dias	16 SE	12				5,5	12,5	5,7						
	" "	" Asp.					6,7	9,8	6,3						
IV	10 13, 15 dias	14,5 SE	10				3,7	12,4	10,8	5,1	14,9	13,3			
	13 dias	" Asp.					3,5	11,7	9,7						
IV.A*	15,5 18 dias	20 SE	16	3,3	9,7	5,7				12,5	31,7	16,6			
	10, 18 d.	" Asp.								4,0	10,0	6,2			
V	11,5 21 dias	18 SE	13	5,0	12,7	5,5				14,7	49,2	25,3			
	10 dias	" Asp.													
VI	19,5 21 dias	22 SE	17							17,7	53,0	21,1	19,2	61,8	30,2
	30 dias	" Asp.													
VII	15 12, 15, 21 d.	20,5 SE	15	8,6	29,1	14,4	10,1	35,7	19,4	13,5	50,0	24,8			
VIII	10,5 12, 30 dias	15 SE	10,5	9,1	38,6	11,6							15,0	63,1	16,1
	" " "	" Asp.		9,6	92,2	17,9							11,6	106,3	22,3
IX	11,5 6, 12 dias	18,5 SE	13,5	5,0	22,7	7,7	7,6	34,6	11,4	9,3	48,4	16,0			
	" " "	" Asp.		6,1	22,7	6,3	8,3	41,5	11,4						
	" " "	" YP		7,6	29,1	12,8	8,4	44,0	17,0						
X	15 9 dias	19 SE b	15,5	6,7	43,5	8,8									
	" "	" SE		6,2	50,4	16,6									
	" "	" Asp.		6,1	23,7	6,4									
	" "	" YP		6,8	42,5	16,1									
XI	23 9, 14, 34 d.	22,5 SE b	18,5	8,4	40,0	19,5	12,8	57,1	26,2				17,0	79,0	32,4
	" " " "	" SE		9,2	26,5	21,2	12,7	42,1	28,0				16,2	60,8	34,3
	" " " "	" Asp.		7,8	29,1	15,8	9,5	40,0	20,5				10,8	44,1	21,2
	" " " "	" YP		12,0	65,5	29,4	14,3	78,0	33,3				15,2	84,1	34,6
XII	23,5 10, 18, 27 d.	26,5 SE b	19	10,2	48,3	12,8				12,3	55,3	16,8	14,6	72,2	22,0
	" " " "	" SE		9,9	52,0	17,3				14,6	60,8	21,0	19,5	75,0	25,2
	" " " "	" Asp.		11,0	28,8	12,1				14,1	30,9	12,8	15,1	41,8	13,8
	" " " "	" YP		29,8	254,7	50,4				33,0	276,4	53,8	34,5	291,7	60,0
XIII	18,5 8, 14, 24 d.	24,5 SE b	17,5	12,5	50,0	33,2	16,9	71,0	43,6				22,7	89,0	50,7
	" " " "	" SE		17,8	38,1	25,0	25,4	64,1	43,6				28,3	73,1	50,4
	" " " "	" Asp.		6,3	19,6	13,6	11,4	60,0	23,8				11,5	60,4	24,2
	" " " "	" YP		10,6	31,8	15,5	13,7	43,4	21,3				14,0	46,6	21,8

(*) Dados tirados de trabalho em preparação.

QUADRO XV-A

Talhão A

Placa A 3 — 2

1.ª contagem 9 d.	2.ª contagem 17 d.	3.ª contagem 21 d.
3333434 A	2222233 A	0000202 a
» A	1212323 a	» a
» A	0100100 a	» a
» a	0001101 PA	» a
» a	0000212 PA	0000200 a
» PF	0000202 B	0000101 a
3333333 A	» a	» PA
» A	» a	0000002 a
» a	» PA	0000013 * a
» -B	» PA	0000011 * PA
2222222 B	0000101 a	0000001 * C
» A	» a	0000000 * a
» PA	» PA	-
» PA	2222323 * a	-
» C	» PA	-
0333333 A	0222222 * PA	-
0002222 PA	2101011 * PA	-
1111313 a	0000013 * PA	-
0011313 S	0000000 * PA	-
0001303 PA	-	-
0000313 a	-	-
0000202 A	-	-
» PA		
0000101 a		
» a		
» PA		
» PA		
0000012 C		
0000011 PA		
0000001 PA		
» PA		
2222323 * C		
0000001 * PA		
-		
-		

QUADRO XV-B

Talhão B Placas B1-3 e B1-2

B1-3						B1-2	
1.ª contagem	9 d.	2.ª contagem	17 d.	3.ª contagem	20 d.	1.ª contagem	9 d.
3333333	PF	3333333	— B	0002404	a	3333333	B
»	»	2111323	a	0011313	a	»	A
»	»	1122222	a	0000202	A	»	A
»	»	1111313	PA	»	PA	»	A
»	»	0111323	PA	»	»	2232323	A
»	»	0001303	A	»	»	2222222	B
»	A	0000303	A	»	»	»	a
2222323	B	»	PA	»	»	»	a
»	B	»	PA	»	C	2000202	A
»	A	»	C	0000101	C	0202202	a
»	a	0000202	A	»	C	0111212	B
2222222	— B	»	PA	»	C	1111212	PA
»	B	»	PA	»	C	»	PA
2111323	A	»	PA	0100100*	PA	»	a
2100222	PA	0000201	C	0020222*	PA	0000303	a
0100202	PA	0000101	PA	0010404*	PA	0000202	Lev
0112212	PA	»	PA	0000111*	PA	»	PA
0021212	PA	»	PA	0000112*	C	»	PA
0022212	PA	»	PA	0000210*	C	»	a
1111212	A	»	a	0000303*	PA	»	a
»	A	0000100	PA	0000202*	PA	»	C
»	PA	0000001	a	»	*	0000101	a
»	PA	0000001*	C	»	*	0000002	PA
1111211	C			0000003*	PA	0000001*	C
0000212	a			0000002*	C	0000000*	
»	PA			0000001*	PA	0000000*	
»	C			»	*	0000000*	
0000303	A			0000000*		—	
»	A			0000000*		—	
»	PA			0000000*		—	
0000202	— B			0000000*			
»	a						
»	a						
»	PA						
»	PA						
»	PA						
»	C						
0000101	— B						
»	PA						
0000002	PA						
0000001	a						
0000011*	C						
0000002*	C						
—							
—							
—							

QUADRO XVI-B

Talhão B

Placa B2-3

1.ª metade				2.ª metade			
9 dias		14 dias	27 dias	9 dias		14 dias	27 dias
3333333	—B	2233313 PA	2222424 B	3333434	A	2222424 A	0303333 PA
»	—B	2221212 PA	1122323 PA	3333333	—B	0010313 C	0001313 A
»	A	1111212 PA	1111313 PA	»	PF	0000222 C	0000300 a
»	a	0000303 PA	0000303 PA	2323323	A	0000304 C	0000200 a
»	a	0000301 a	0000212 PA	2222323	a	0000303 C	0000100 C
»	PF	0000202 C	0000112 PA	»	a	0000202 PA	0000303 a
3333404	—B	0000101 PA	0000212 a	2222322	B	»	—B
2222323	A	0000101 a	0000111 PA	2222312	PF	»	a
2222323	A	—	0000003 a	2222222	PA	0000101 PA	»
2222222	PA	—	0000001 a	0222202	B	—	»
0222323	—B	—	—	1122424	S	—	0000003 PA
»	—B	—	—	1111414	a	—	—
0222212	A	—	—	0011303	a	—	—
0333303	S	—	—	1000323	C	—	—
0312323	PA	—	—	0001303	PA	—	—
0022202	PA	—	—	0000303	PA	—	—
0111313	PA	—	—	»	a	—	—
0000313	PA	—	—	»	C	—	—
0000202	PA	—	—	»	PA	—	—
0000202	a	—	—	0000202	—B	—	—
0000111	a	—	—	0000201	PA	—	—
0000101	PA	—	—	»	C	—	—
—	—	—	—	000003	PA	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—

QUADRO XVII

Contagem de amibas de A, B e C
Total (T), Quistos (Q) e Activas (A)

Data	A			B			C		
	T	Q	A	T	Q	A	T	Q	A
24- 3-45	12.000	15.650	-	33.400	39.750	-	20.840	5.620	15.220
16- 4-45	5.530	1.270	4.260	15.350	8.380	6.970	12.360	1.300	11.060
11-10-45	14.020	2.070	11.950	37.860	2.550	35.310	36.140	1.440	34.700
27- 4-46	2.520	1.790	530	18.130	2.060	16.070	13.210	980	12.230
13- 5-46	8.880	4.840	4.040	58.780	9.590	29.190	25.750	5.840	19.910
28- 5-46	18.010	4.140	13.870	53.080	3.550	49.530	45.660	6.670	38.990
20- 6-46	8.530	1.950	6.580	40.000	3.870	34.130	22.120	3.550	18.570
8- 7-46	8.060	4.020	4.040	63.530	11.040	52.490	32.630	7.370	25.260
27- 8-46	12.540	3.730	8.810	52.760	10.520	22.240	36.760	5.400	31.360

Amibas e Bactérias (*)

Data	Temp. (° C.)	A			B			C				
		Humidade (%)			Amibas			Amibas				
					Bact.			Bact.				
				Amibas		Bact.		Amibas		Bact.		
		T.	Q.	A.	T.	Q.	A.	T.	Q.	A.	Bact.	
24- 3-45	6,5	120	156	-	8	334	598	-	69	208	56	11
16- 4-45	13,7	55	15	42	33	154	84	70	95	124	15	50
11-10-45	11,4	140	20	120	67	379	26	353	98	361	14	63
27- 4-46	9,6	23	18	5	35	181	21	160	97	132	10	57
13- 5-46	10,6	89	48	41	50	388	96	292	127	258	58	55
28- 5-46	11,5	180	41	139	192	550	36	495	618	457	67	302
20- 6-46	11,8	85	19	66	-	400	59	341	-	221	35	-
8- 7-46	17,4	81	40	41	96	635	110	525	922	326	74	179
27- 8-46	15,0	125	57	88	61	527	105	222	291	368	54	63

(*) Amibas em centenas; bactérias em centenas de milhar.

QUADRO XVIII-A

Comportamento de 2 amibas em relação a bactérias do talhão A

Bactérias da 1. ^a contagem		Amiba 4		Amiba H		Bactérias da 2. ^a e 3. ^a contagens		Amiba 4		Amiba H	
R. nutricional	Morf.	3 dias	6 dias	3 dias	6 dias	R. nutricional	Morf.	3 dias	6 dias	3 dias	6 dias
3333333	a	$\frac{1}{2}$	c	c	c	2222424	A	c	c	c	c
2222323	a	$\frac{1}{3}$	c	c	c	1214414	a	$\frac{2}{3}$	c	c	c
»	A	$\frac{3}{4}$	c	c	c	0000404	S	-	-	-	-
»	a	-	-	-	-	0112313	PA	-	-	-	-
»	a	c	c	c	c	0002312	C	-	-	-	-
2222444	A	c	c	c	c	1111313	C	c	c	$\frac{3}{4}$	c
»	a	c	c	c	c	0122303	a	-	-	-	-
»	A	$\frac{3}{4}$	c	c	c	0000213	a	$\frac{2}{3}$	c	$\frac{1}{2}$	c
»	A	c	c	c	c	0000212	a	$\frac{1}{2}$	c	$\frac{1}{2}$	c
»	a	$\frac{2}{3}$	c	$\frac{3}{4}$	c	0112203	PA	-	-	-	-
»	A	$\frac{3}{4}$	c	$\frac{3}{4}$	c	1122222	PA	-	-	-	-
»	A	$\frac{2}{3}$	c	c	c	0000303	C	$\frac{2}{3}$	c	$\frac{1}{2}$	c
»	A	$\frac{2}{3}$	c	$\frac{2}{3}$	c	»	C	$\frac{1}{2}$	c	$\frac{2}{3}$	c
»	A	$\frac{3}{4}$	c	c	c	»	C	$\frac{2}{3}$	c	$\frac{2}{3}$	c
»	A	$\frac{2}{3}$	c	c	c	»	C	-	-	-	-
»	A	$\frac{1}{2}$	c	c	c	0100303	PA	-	-	-	-
2222303	a	-	-	-	-	0001202	a	-	-	-	-
0333333	B	$\frac{1}{2}$	c	c	c	0000202	C	-	-	-	-
0222424	a	$\frac{1}{3}$	c	$\frac{1}{2}$	c	»	a	-	-	-	-
0222402	a	$\frac{3}{4}$	c	c	c	»	a	-	-	-	-
0222424	a	$\frac{2}{3}$	c	$\frac{3}{4}$	c	0010101	PA	-	-	-	-
0202404	S	-	-	-	-	0000101	a	$\frac{1}{2}$	c	$\frac{3}{4}$	c
0202212	a	-	-	-	-	»	PA	-	-	-	-
0000303	PA	-	-	-	-	0000100	C	-	-	-	-
1101313	A	$\frac{2}{3}$	c	$\frac{3}{4}$	c						
1111313	PA	-	-	-	-						
0000202	PA	-	-	-	-						

QUADRO XVIII-B

Comportamento de 2 amibas em relação a bactérias do talhão B

Bactéria da 1. ^a contagem		Amiba 4		Amiba II		Bactérias da 2. ^a e 3. ^a contagens		Amiba 4		Amiba H	
R. nutricional	Morf.	3 dias	6 dias	3 dias	6 dias	R. nutricional	Morf.	3 dias	6 dias	3 dias	6 dias
3333434	A	$\frac{1}{2}$	c	$\frac{1}{2}$	c	2222424	B	c	c	c	c
3333404	B	$\frac{2}{3}$	c	$\frac{2}{3}$	c	2221212	PA	-	-	-	-
3333333	A	$\frac{1}{2}$	c	$\frac{1}{2}$	c	1122323	PA	-	-	-	-
»	B	$\frac{1}{2}$	c	$\frac{3}{4}$	c	1111313	PA	-	-	-	-
»	B	$\frac{3}{4}$	c	$\frac{1}{2}$	c	1111212	PA	-	-	-	-
2222222	PA	-	-	-	-	0000303	PA	-	-	$\frac{2}{3}$	c
»	PA	-	-	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{4}$	»	PA	-	-	-	-
1111414	a	$\frac{2}{3}$	c	c	c	»	a	-	-	c	c
0222323	B	c	c	c	c	0000202	C	-	-	-	-
»	B	c	c	c	c	»	B	-	-	-	-
0222212	a	-	-	-	-	»	a	-	-	-	-
0022202	PA	-	-	-	-	0000200	a	-	-	-	-
»	B	-	-	-	-	0000101	C	-	-	-	-
0011303	a	$\frac{1}{3}$	c	$\frac{2}{3}$	c	0000001	PA	$\frac{1}{3}$	c	c	c
0111313	PA	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{4}{5}$						
0000303	a	$\frac{3}{4}$	c	$\frac{1}{2}$	c						
»	PA	-	-	$\frac{1}{2}$	c						
0000202	PA	-	-	-	-						
0000201	C	-	-	-	-						

QUADRO XIX

Comportamento de 5 amibas em relação a proactinomicetas

Proactinomicetas			Amibas				
Espécie	Raça n.º	R. nutricional	1	4	8	H	Z
P. paraffinae	1	2223424	-	$\frac{1}{4}$	-	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$
	2	0222303	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	-	C	C
	3	2222222	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	C	C
	4	2222404	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$
P. salmonicolor	5	2222434	-	-	-	-	-
	6	2222222	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	C	$\frac{3}{4}$
	7	2222323	-	-	-	-	-
	8	3333333	-	-	-	-	-
	9	2222222	C	C	$\frac{1}{4}$	C	$\frac{1}{2}$
	10	3333333	-	-	-	-	-
P. citreus	11	3333333	-	-	-	-	-
	12	3333333	$\frac{1}{2}$	C	-	C	C
	13	2222323	C	$\frac{1}{4}$	-	C	C
	14	2222323	$\frac{1}{2}$	-	-	-	$\frac{1}{4}$
	15	0020202	-	$\frac{1}{2}$	-	C	C
	16	1111313	C	-	-	C	$\frac{3}{4}$
	17	1111302	C	-	-	C	C
P. caprae	18	1222404	C	$\frac{3}{4}$	-	C	C
	19	2222323	-	-	-	-	-
P. asteroides	20	2222222	-	-	-	-	-
	21	2222222	-	-	-	-	-
P. opacus	22	3333333	-	-	-	-	-
	23	3333333	-	-	-	-	-
	24	3333333	-	-	-	-	-
	25	2222323	-	-	-	-	-
P. ruber	26	2222222	-	-	-	-	-
	27	0212323	-	-	-	-	-
	28	1233404	-	-	-	-	-
P. lacticola	29	2222313	-	-	-	-	-
P. farcinicus	30	0112213	-	-	-	-	-
	31	1212313	-	-	-	-	-
	32	2333323	C	C	$\frac{1}{4}$	C	C
	33	3333333	C	C	$\frac{1}{4}$	C	C
Não identificados	34	2222323	-	-	-	-	-
	35	2222222	-	-	-	-	-
	36	0333303	C	C	$\frac{1}{2}$	C	C
	37	3333333	C	C	$\frac{1}{2}$	C	$\frac{1}{2}$
	38	3333333	C	C	$\frac{1}{4}$	C	C

QUADRO XX

Bactéria n.º	1.ª cultura			Sub-cultura														
	B	AG	SY	P (C)	(1)							(2)						
					B	A	G	AG	Y	S	SY	B	A	G	AG	Y	S	SY
1	3	4	0	AG	2	4	2	4	2	3	3	4	4	4	4	2	4	4
3	4	3	4	SY	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
»	»	»	»	AG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
4	2	0	3	SY	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	0	0	4	SY	1	2	2	0	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3
6	2	2	2	SY	0	0	0	0	2	2	2	0	2	0	2	2	2	2
7	0	0	4	SY	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2
9	1	0	1	SY	0	0	0	0	2	1	2	1	0	0	0	2	1	2
10	2	3	0	AG	0	1	0	0	2	3	3	2	2	0	0	4	4	4
11	2	2	2	SY	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3	3	3
»	»	»	»	AG	1	2	0	2	0	2	2	3	3	0	3	1	3	3
12	0	0	3	SY	0	0	0	0	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1
13	3	0	3	SY	0	1	1	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3
14	0	0	2	SY	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
15	2	1	3	SY	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	2	2
»	»	»	»	AG	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	3	2	3
18	3	0	4	SY	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2
19	3	0	4	SY	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
22	0	0	1	SY	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
27	0	0	2	SY	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1

(*) P -- proveniência do inóculo.

(1) 3 dias da incubação. (2) 5 dias da incubação.

QUADRO XXI-A

A	B	C
4444444 ($\times 9$)	4444444 ($\times 4$)	4444444 ($\times 5$)
4444434 ($\times 10$)	4444434 ($\times 3$)	4444434 ($\times 2$)
4333434	4444424	4444424
4444424	4444234	4442444
4244424	3240444	4444433
4444322	2230413	4433434
3343444	0044404	4444404
3333434	0040402	4434434
3324334	0004000	3433434
3240444	1122423	3444424
2222222	0000402	2443423
2041042	0111400	0400433
0444444	0122424	2440441
0444424	0000024	0440420
0442422		2244423
0400211		2244424
0222402		0244424
0140422		0244404
0134444		0044322
2200400		0040400
0002400		0144432
0000404		2244434 ($\times 2$)
0000400		0004212
1111212		1111414
0000134		0000314
0000022		0100434
0000000 ($\times 4$)		0100404
		0200400
		0200402
		0000313
		0000420
		0000212
		0000100
		0000023
		0000000 ($\times 2$)

QUADRO XXI-B

	1.ª cultura 10 dias	Sub-cultura		
		P (*)	5 dias	10 dias
A	3224334	B	3413433	4423433
	0442422	A	0200122	0200222
	0400211	A	4423422	4414433
	0400420	A	2433444	1433434
	2041042	G	4444444	4444444
	3240444	G	3330400	3330422
	0140422	G	0400411	0400421
	0222402	G	0300400	0000422
	0154444	G	0020434	0030434
	0002400	Y	0000400	0000400
	2200400	Y	3304404	3304434
	0000022	S	0000000	0000010
	0000404	SY	0000301	0000302
	0000034	SY	4444434	4444434
B	4444234	B	4433434	4444434
	0040402	G	0000000	0000400
	0044404	G	0000400	0000400
	0004000	AG	0300000	0400210
	1122424	Y	0000400	0000400
	0000402	Y	0020400	0020400
	0100400	Y	0200300	0200400
	1122424	Y	0000400	0100411
	2230403	Y	0000400	0100400
	0000024	SY	0000400	0000400
C	4442434	B	2444434	4444434
	4442444	B	3203402	3233414
	4444404	B	3424444	4444444
	0400433	A	0422413	1422423
	0440420	A	3421430	3433430
	2244423	G	3422434	4434434
	2243424	G	0000401	0120401
	3343433	G	0200302	0300422
	1244414	G	3322323	4323424
	0044322	G	0244323	0444423
	0044432	G	1133434	1133424
	1111414	Y	0413434	0414422
	0100434	Y	0011322	0022423
	0100403	Y	0000200	0000301
	0200400	Y	0200212	0221222
	0200402	Y	0000400	0000402
	0140401	Y	0420412	0430422
	0000420	Y	0000200	0000400
	0000100	Y	0200100	0200100
	0000023	SY	0000302	0000300

(*) P — proveniência do inóculo.

QUADRO XXII

Marcha da oxidação do $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ por culturas mistasNitratos e nitritos, expressos em γ/cm^3

Cult. m. n.º	Dias de amostragem para análise (†)									
	1	4	8	15	21	25	27	29	32	39
1	4	4	4	4	4	7	9	6(*) (0)	12 (4)	35 (11)
2	4	4	4	4	5	6	9	7 (1)	12 (6)	25 (18)
3	4	4	4	4	15	24	35	27 (1)	43 (0)	36 (0)
4	4	4	4	4	5	10	11	8 (0)	14 (4)	25 (18)
5	4	4	4	4	9	10	10	8 (5)	21 (16)	26 (15)
6	4	4	4	4	11	10	10	7 (0)	13 (2)	23 (16)

(†) Contados do dia da inoculação.

(*) Nitratos + nitritos; nitritos entre parênteses.

QUADRO XXII-A

	A (1:100.000)		C (1:100.000)		B (1:100.000)	
	2 dias	4 dias	2 dias	4 dias	2 dias	4 dias
B.	45	98 (46 9 43)	60	92 (33 11 48)	60	131 (50 13 88)
	46	86 (41 13 32)	56	83 (34 12 37)	51	126 (43 9 74)
	44	81 (34 10 37)	61	141 (42 27 72)	64	122 (44 15 63)
	45	88	59	105	58	126
Y.	50	62 (46 7 9)	83	93 (46 16 31)	77	79 (39 20 20)
	53	53 (30 17 6)	100	129 (66 18 45)	88	104 (43 20 41)
	61	61 (39 19 3)	91	111 (62 10 39)	70	75 (46 16 13)
	55	59	91	111	78	86
Asp.	30	34 (17 5 12)	44	68 (39 11 18)	27	46 (22 22 12)
	23	33 (24 3 6)	33	42 (30 4 8)	24	66 (30 10 26)
	13	22 (15 3 4)	23	43 (21 6 16)	18	34 (18 4 12)
	22	30	33	51	23	49

Números entre parênteses representando colônias regulares, pequenas e «ponta de alfinete».

Aspectos anatómicos da queda da folha na *Vitis vinifera* L. ⁽¹⁾

por

MIGUEL CARLOS PEREIRA COUTINHO

Professor extraordinário do Instituto Superior de Agronomia

No decorrer dum trabalho de melhoramento da videira que estamos efectuando, tivemos ocasião de verificar que, pelo menos na *Vitis vinifera* L., a queda da folha não se dá, na grande maioria dos casos, segundo o mecanismo habitualmente considerado.

FOEX (1891), tratando da queda da folha na videira, afirma: «Les feuilles jaunissent, se colorent de teintes pourprées ou se dessechent progressivement, bientôt leur pétiole se détache, à la suite d'une sorte de cicatrization, à ras du sarment, et elles tombent».

Também BRAVO e OLIVEIRA (1916) descrevem o desprendimento foliar, da seguinte forma: «O pecíolo destaca-se, raso com o sarmento, deixando uma espécie de cicatriz fechada por uma camada suberificada».

COUTINHO (1904); OTTAVI e MARESCALCHI (1909); CAVAZZA (1914); BRANAS, BERNON e LEVADOUX (1946) e outros, encaram igualmente o mecanismo da queda da folha na videira, segundo o processo que acabámos de referir.

Porém, uma observação mais cuidada mostra que, na grande maioria dos casos, se faz primeiramente o desprendimento do limbo, ficando ainda o pecíolo ligado ao sarmento, durante um espaço de tempo variável, e chegando mesmo, algumas vezes, a apresentar um princípio de lenhificação, por ter em parte acompanhado o processo de atempamento das «varas» (Est. I: 1 e 2).

⁽¹⁾ Comunicação ao XX Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências, realizado em Lisboa, em Outubro de 1950.

Verificámos depois que este facto já tinha sido observado por CASELLA (1927), mas não conhecendo qualquer outro estudo sobre o assunto, e não tendo sido o problema ainda tratado entre nós, pareceu-nos justificável apresentar esta pequena comunicação, tanto mais que é sempre vantajoso estudar, sob várias condições, fenómenos desta natureza, dada a influência que neles podem ter as condições ecológicas e ainda porque as nossas observações podem completar alguns aspectos de minúcia.

EAMES e MAC DANIELS (1925) descrevem a formação da camada suberosa, na base do pecíolo ou dos pecíololos, que seria responsável, no caso geral, pela queda da folha e que designam por «camada de abscisão».

Presentemente, considera-se o fenómeno do desprendimento foliar, relacionado com a circulação e concentração auxínica (LA RUE, 1936; BOYSEN JENSEN, 1936; MYERS, 1940; ALMEIDA, 1950; e outros).

EAMES e MAC DANIELS, em edição mais recente (1947) do trabalho citado, destacam, em especial, apenas o carácter protector da camada suberosa formada na base do pecíolo e até já não empregam o termo «camada de abscisão».

No entanto, estes factos não implicam que não exista localizada a zona por onde se dá a desarticulação foliar, denominada *zona de abscisão*.

Limitamo-nos a apresentar algumas observações sobre o aspecto anatómico das zonas de abscisão na folha da videira.

Tivemos ocasião de examinar, sob este aspecto, o comportamento das principais castas de videira cultivadas no país, sendo os elementos que referimos colhidos a partir de 1946.

As zonas de abscisão podem apresentar vários aspectos, em virtude dos quais GAWADI e AVERY (1950) consideram os três seguintes tipos:

- I tipo* — Espécies em que se dá a divisão das células de meristemas secundários, na base do pecíolo, formando-se aí uma camada suberosa.
- II tipo* — Espécies em que a queda da folha se dá, sem prévia formação duma camada suberosa, sem qualquer actividade meristemática na base de pecíolo.
- III tipo* — Espécies em que não se dá normalmente a queda das folhas, embora estas sofram o emurchecimento.

Na videira, observa-se um aspecto correspondente ao considerado no 1.º tipo, na zona de abscisão localizada na base do pecíolo, enquanto na que se encontra próximo ao ponto peciolar, se nota um aspecto idêntico ao que foi considerado no 2.º tipo (Est. II: 1 e 2).

LLOYD (1927) menciona o género *Vitis*, como sendo um género em que a abscisão se realiza sem que se verifique a actividade de meristemas secundários; possivelmente teria considerado a camada suberosa como sendo da categoria que EAMES e MAC DANIELS (1947) designam por «camada de protecção primária».

Não julgamos porém que isso corresponda à realidade porque, nos casos que examinámos, nota-se facilmente, na base do pecíolo, a formação duma camada suberosa, do tipo das que se encontram nas peridermes. (Est. II: 4 e 5).

No ponto peciolar, o desprendimento do limbo, faz-se habitualmente duma forma gradual: inicia-se nos pontos de ligação das aurículas ao pecíolo (Est. I: 3 e 4) e vai progredindo, de cada lado até atingir a nervura mediana; porém, mais raramente, a separação do limbo pode começar pela base da nervura mediana (Est. I: 5).

Nota-se assim, na base de cada uma das cinco nervuras principais, uma zona de abscisão idêntica, no seu comportamento, à que se encontra na base do pecíolo.

Nessas zonas de abscisão, não se verifica a actividade de meristemas secundários, nem o aparecimento de qualquer camada primária de protecção, suberoso-lenhificada.

Nas regiões foliares, onde se inicia o processo de separação, manifesta-se frequentemente uma desorganização dos tecidos, em especial, dos corticais, atenuam-se os ângulos dos contornos dessas células que, de poligonais, passam a arredondadas ou elípticas e verifica-se o seu afastamento resultante, possivelmente, dum processo de gelificação das membranas (Est. II: 3).

Julgamos, porém, que esta modificação histológica não se estende a toda a zona de abscisão, pois em muitas regiões nota-se o afastamento das células ou até o rasgamento da sua membrana, sem que na superfície recentemente exposta, depois da queda do limbo, se encontre qualquer alteração sensível.

Nas zonas de abscisão, tanto do primeiro, como do segundo tipo, as nervuras não são, de princípio, atingidas; assim, quer se trate da formação da camada suberosa, quer da simples cisão dos tecidos já diferenciados, o fenómeno inicia-se nas células corticais.

A queda da folha, na videira, não se realiza sempre segundo a forma como foi agora descrita; por vezes, cai a folha completa, desarticulada pela base do pecíolo, como é normal nas folhas simples.

Porém, este aspecto é pouco comum e podemos considerar que, na grande maioria dos casos, a abscisão se efectua segundo as duas zonas já referidas.

É variável o intervalo entre a época de funcionamento dessas duas articulações, e assim, entre a queda do limbo e a do pecíolo, podem mediar de poucos dias a algumas semanas.

Com frequência, antes do desprendimento do limbo, já se nota internamente o início da formação suberosa, na base do pecíolo, mas como dissemos, essa zona de abscisão só se torna eficaz, depois do funcionamento da que se localiza no ponto peciolar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Carlos Marques de

1950 *Acerca do transporte polar das auxinas*. Lisboa. (Dissertação Conc. Prof. Cat. do I. S. A.).

BOYSEN JENSEN, P.

1936 *Growth hormones in Plants*. (Trad. e rev. por G. S. Avery e P. R. Burkholder). London and New York.

BRANAS, BERNON, et LEVADOUX

1946 *Elements de Viticulture Générale*. Montpellier.

BRAVO, P. e D. de OLIVEIRA

1916 *Viticultura moderna*. Porto.

CASELLA, Domenico

1927 La foglia del genere *Vitis* é semplice o composta? *Ann. Inst. Sup. Agrário di Portici* [3] 2:299.

CAVAZZA, Domizio

1914 *Viticultura*. Torino.

COUTINHO, A. X. Pereira

1904 *Tratado elementar da cultura da vinha*. Lisboa.

EAMES, A. J. and L. H. MAC DANIELS

- 1925 *An Introduction to Plant Anatomy*. London and New York (1.^a edição).
1947 *An Introduction to Plant Anatomy*. London and New York (2.^a edição).

FOEX, G.

- 1891 *Cours complet de viticulture*. Paris.

GAWADI, A. G. and G. S. AVERY

- 1950 Leaf abscission and the so called «Abscission layer». *Amer. Jour. Bot.* 37 (2):172-180.

LA RUE, C. D.

- 1936 The effect of auxin on abscission of petioles. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 22(5):254-259.

LLOYD, R. M.

- 1927 Abscission in general and with special reference to the curtailment of fruitage in *Gossypium*. *Mem. Hort. Soc. New York* 3:195-207 (cit. por Gawadi e Avery, 1950).

MYERS, R. M.

- 1940 Effect of growth substances on the absciss layer in leaves of *Coleus*. *Bot. Gaz.* 102:323-338.

OTTAVI, O. e A. MARESCALCHI

- 1909 *Principii della Viticoltura*. Casale.

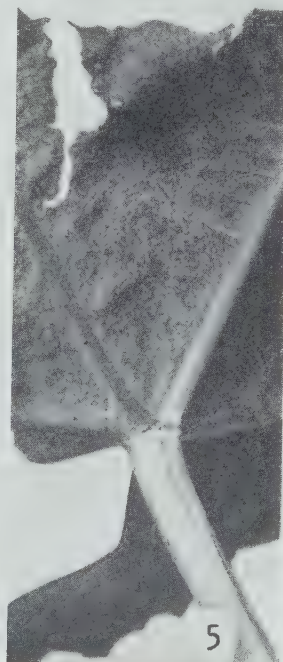
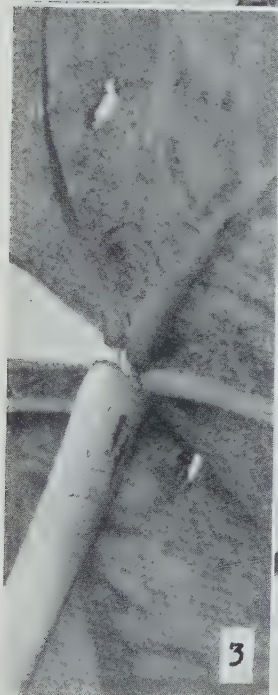
LEGENDA

ESTAMPA I

- 1 e 2 — Aspectos de ramos, na época da queda das folhas, mostrando os pecíolos ainda aderentes, já depois da desarticulação do limbo.
- 3 — Início da separação do limbo, no ponto de ligação das aurículas ao pecíolo.
- 4 — Zona de abscisão, no ponto peciolar.
- 5 — Início da separação do limbo, na base duma nervura principal.

ESTAMPA II

- 1 — Base duma nervura principal, no início da separação do limbo.
- 2 — Base duma nervura principal, já completamente separada do pecíolo.
- 3 — Extremidade superior dum pecíolo, depois da queda do limbo, mostrando alguns tecidos já desorganizados.
- 4 — Aspecto da camada suberosa, formada pela actividade dos meristemas secundários, na base do pecíolo.
- 5 — Camada suberosa que reveste a base do pecíolo, quando este se separa do limbo.



Estampa II



A *Quercus faginea* Lam. na flora e na vegetação natural portuguesas ⁽¹⁾

por

Prof. J. DE CARVALHO E VASCONCELLOS

da Cadeira de Botânica

e

J. DO AMARAL FRANCO

Professor agregado e primeiro assistente do Instituto Superior de Agronomia

LAMARCK (1785) descreveu no mesmo trabalho a *Quercus faginea* e a *Quercus lusitanica*, que considerou, portanto, espécies independentes.

WEBB (1838), utilizando a designação lamarckiana de *Quercus lusitanica*, reuniu sob este nome vários carvalhos que observou em Espanha e Portugal, incluindo a *Quercus faginea*, e o critério de WEBB foi seguido posteriormente por A. de CANDOLLE (1864), PEREIRA COUTINHO (1888) e outros.

SAMPAIO (1910) utilizou a designação de *Quercus faginea* Lam. para todas as formas arbóreas dos carvalhos de folha marcescente existentes em Portugal e concluiu que a denominação *Quercus lusitanica* Lam. era sinónimo da *Quercus fruticosa* Brot., que corresponde ao nome vernáculo *Carvalhiça*.

SCHWARZ (1936) considera separadas as duas espécies de Lamarck, *Quercus faginea* e *Quercus lusitanica*, incluindo na última a *Quercus valentina* Cav. e a *Quercus cerrioides* Wk. et Costa, como subespécies.

VILLAR (1947) adopta a opinião de SAMPAIO.

Finalmente, e para não nos alargarmos em citações, VICIOSO (1950) admite a *Quercus lusitanica* Lam. quase segundo o critério de WEBB e nela inclui como subespécies a *Quercus valentina* Cav. e a *Quercus faginea* Lam., mas considerando independente a *Quercus cerrioides* Wk. et Costa.

(¹) Comunicação ao XX Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências, realizado em Lisboa, em Outubro de 1950.

Conhecedores desta disparidade de critérios, os autores, que observaram grande número de exemplares quer vivos quer de herbário, no presente trabalho restringem o seu estudo apenas à *Quercus faginea* Lam., fundamentando-o não só na descrição lamarckiana, como no exame do exemplar tipo de que LAMARCK se serviu para a mesma descrição. Com esse fim, um dos autores (FRANCO) examinou com todo o cuidado esse exemplar, tendo verificado que ele era perfeitamente conspecífico dos exemplares classificados como *Quercus faginea* Lam. do nosso herbário do Instituto Superior de Agronomia (LISI). Todos os outros exemplares, no mesmo arquivado, que classificámos segundo o critério de SCHWARZ como *Quercus lusitanica* Lam., apresentam evidentemente características que consideramos bem diferenciais e não cabe aqui no âmbito desta comunicação discutir essas características nem o valor do binome *Quercus lusitanica* Lam., a que corresponde um exemplar-tipo deficiente, pois que se trata de dois pequenos raminhos estéreis, que alguns botânicos identificam, com ou sem razão, como a *Quercus fruticosa* Brot., nome, diga-se de passagem, atribuído por vezes não só à própria *carvalhiza*, como a rebentos e polas de outras espécies.

A *Quercus faginea* Lam., tal como a consideramos, é, quando desenvolvida naturalmente, uma árvore de folhas mediocrementemente pecioladas, marcescentes, penatilobado-sinuadas, glaucas e com indumento denso na página inferior de pêlos estrelados com os raios relativamente compridos, mas não tanto como os dos pêlos da *Quercus pyrenaica* Willd., frequentemente com nove a doze nervuras secundárias lobais e geralmente sem nervuras sinuais, que, no entanto, aparecem em maior número de casos nas folhas das formações estivais; glandes com pedúnculo geralmente curto.

Deve notar-se que esta espécie apresenta, além dos aspectos acima mencionados, grande polimorfismo quanto a dimensões, forma e recorte do limbo e quanto ao comprimento do pecíolo que por vezes é muito reduzido, sobretudo nas folhas dos lançamentos estéreis erectos.

No mesmo indivíduo observam-se variações notáveis quanto a estas características, o que torna difícil e aliatória a consideração de formas botânicas nesta espécie, como de resto se pode afirmar para quase todos os carvalhos.

A *Quercus faginea* Lam., a que se tornou corrente chamar carvalho português, devido à confusão estabelecida por WEBB, tem a sua área de distribuição sobretudo no centro litoral do País entre o Mondego e o Sado, mas aparece também aqui e ali, fora desta região, quando o

microclima e o solo lhe são favoráveis. Em contraste, a *Quercus lusitana* Lam. *sensu* SCHWARZ aparece sobretudo na Região Duriense nos limites das associações clímax do carvalho negral e da azinheira.

É natural que, entre as associações clímax que outrora revestiram o País, uma tivesse como dominante principal a *Quercus faginea* Lam. Alguns vestígios desta associação ainda hoje se encontram, embora mais ou menos degradados, e permitem que se realize o seu estudo.

Por alguns inventários florísticos que reunimos e foram realizados em pequenas parcelas revestidas naturalmente pela *Quercus faginea* Lam., determinámos as espécies com maiores graus de presença como subsídio para o estudo desta associação. O grau de presença foi determinado como indica VASCONCELLOS (1949:279).

Os resultados obtidos dão-nos o elenco das espécies mais importantes a ter em conta:

Quercus faginea Lam. e *Daphne Gnidium* L. com o grau de presença 5; *Cistus salvifolius* L. com o grau de presença 4; *Quercus coccifera* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Anthyllis Vulneraria* L. *sensu* P. Cout. e *Urginea maritima* (L.) Baker com o grau de presença 3; *Quercus Suber* L., *Rhamnus Alaternus* L., *Olea europaea* L. var. *silvestris* Brot., *Quercus fruticosa* Brot., *Osyris alba* L., *Genista Tournefortii* Spach, *Genista triacanthos* Brot., *Cistus crispus* L., *Myrtus communis* L., *Erica scoparia* L., *Smilax aspera* L. var. *nigra* (Willd.) P. Cout., *Rubia peregrina* L., *Euphorbia Characias* L., *Anagallis linifolia* L., *Thymus Zygis* L., *Satureja Clinopodium* L., *Centaurea sempervirens* L., *Dactylis hispanica* Roth, *Carex glauca* Murray, *Salvia sclareoides* Brot., *Aristolochia longa* L., *Lathyrus Aphaca* L., *Trifolium stellatum* L. e *Vicia sativa* L., todas na classe de presença 2.

Estes resultados foram obtidos por confronto de dados de 22 inventários estabelecidos por: ARNAUT MOREIRA em Cinco Vilas, Ancião; COELHO TEIXEIRA em Montemor-o-Velho e Cantanhede; MARTINS FALCÃO em Condeixa; AZANCOT DE MENESES em Loures e Caneças; D. PEREIRA COUTINHO em Aviz; VASCONCELLOS e FRANCO em Sintra e Caneças; CARVALHO e FLORES em Alcaínça; MENDONÇA, VASCONCELLOS, CARVALHO e FLORES em Torre do Bispo.

Muitas das plantas acima referidas fazem parte da associação da azinheira [*Quercus Ilex* L. ssp. *rotundifolia* (Lam.)]. Deve-se notar também que é frequente a destruição do clímax da *Quercus faginea* Lam. originar a formação duma associação secundária de *Cocciferetum*, como sucede com o *Quercetum Ilicis* em dados facies.

SUMÁRIO

A *Quercus faginea* Lam., considerada espécie independente da *Quercus lusitanica* Lam. *sensu* SCHWARZ, apresenta uma área geográfica diferente da segunda e constitui a dominante numa associação típica, para o conhecimento da qual se reúnem dados.

BIBLIOGRAFIA

CANDOLLE, A. de

1864 *Cupuliferae*. In DC. Prodr. XVI(2):1-123.

LAMARCK, Ch. de

1785 *Encyclopédie Méthodique de Botanique*, vol. II. Panckoucke. Paris.

PEREIRA COUTINHO, A. X.

1888 Os *Quercus* de Portugal. *Bol. Soc. Broter*. VI:47-116.

SAMPAIO, G.

1910 Nota a proposito dos *Quercus lusitanica*, Lamk., *Q. humilis*, Lamk. e *Q. faginea*, Lamk. *An. Acad. Polyt. Porto* V:161-165.

SCHWARZ, O.

1936 Sobre los *Quercus* catalanes del subgénero *Lepidobalanus* Oerst. *Cavanillesia* VIII:63-100.

VASCONCELLOS, J. de C. e

1949 *Botânica Agrícola*. II parte. Livraria Sá da Costa. Lisboa.

VICIOSO, C.

1950 *Revision del género «Quercus» en España*. Madrid.

VILLAR, E. H. del

1947 *Types de sol de l'Afrique du Nord*. Fasc. I. Rabat.

WEBB, Ph. B.

1838 *Iter Hispaniense*. Paris & London.

Espécies do género *Agathis* Salisb. cultivadas em Portugal

por

JOÃO DO AMARAL FRANCO

Professor agregado e primeiro assistente do Instituto Superior de Agronomia

Ainda que não muito vulgares, encontram-se, em algumas colecções botânicas portuguesas, exemplares do género *Agathis* Salisb. Como se trata de plantas que, em quase toda a Europa, excluindo a parte meridional, só podem ser cultivadas em estufa, os exemplares portugueses tornam-se dignos de menção, porquanto, sobretudo os de Sintra, se desenvolvem òptimamente ao ar livre, florescendo e frutificando regularmente.

A identificação específica destas árvores era assás difícil, visto que não se dispunha em Portugal de bibliografia adequada. Se bem que os exemplares cultivados entre nós pertençam a três espécies, quase todos eram tidos como *Dammara australis* D. Don, ou seja a única espécie do género oriunda da Nova Zelândia, cujo nome correcto é, segundo FRANCO (1949:21), *Agathis australis* (D. Don) Lindl. Mais recentemente, após o ciclone de 15 de Fevereiro de 1941, foram plantados no Parque da Pena, em Sintra, alguns exemplares fornecidos pela casa Alfredo Moreira da Silva & C.^a (Filhos), do Porto, sob o nome de *Dammara Moorei* e provenientes de estacas tiradas num exemplar antigo no Palácio de Cristal, no Porto.

Ainda que as não pudessemos identificar com rigor sob o ponto de vista nomenclatural, desde há cerca de dez anos tínhamos reconhecido que, nas colecções portuguesas, estavam representadas três espécies e efectuámos descrições e observações minuciosas nos vários exemplares. Com estes elementos e depois dum estudo aprofundado de bibliografia, de exemplares de herbário e de exemplares cultivados sob estufa nos Reais Jardins Botânicos de Kew (Inglaterra), conseguimos determinar quais as espécies de que eram cultivados exemplares em

Portugal. Não queremos deixar de manifestar aqui os nossos melhores agradecimentos a Sir E. J. Salisbury, director daquele centro de investigação botânica, pelas facilidades que nos foram concedidas.

O género *Agathis* Salisb. pertence à família das Araucariáceas (*Araucariaceae* Strasb.) e distingue-se fundamentalmente do género *Araucaria* A. L. Juss. pelos seguintes caracteres: gemas escamosas (gomos), folhas laminares, grandes, afastadas, geralmente opostas e mais ou menos pecioladas, escamas carpelares não acompanhadas de escamas protectoras e sementes assimetricamente bialadas e assentes sobre as escamas frutíferas. DREES (1940), cujo estudo incidiu sobre as espécies da Malásia, dividiu o género nas seguintes três secções:

Sect. *Macrobracteatae* M. Dr. in Bull. Jard. Bot. Buitenzorg ser. 3, XVI (4): 457 (1940) — Folhas espessas, de canais resiníferos frequentemente aos pares entre cada duas nervuras; flores masculinas novas elipsoides, ovoides ou globosas, na ântese cilíndricas ou elipsoides, com 20-40 mm de diâmetro; estames com 12-18, raramente 10-12, sacos polínicos.

Sect. *Microbracteatae* M. Dr. op. cit. 461 — Folhas membranosas, com canais resiníferos ímpares; flores masculinas brevemente cilíndricas, na ântese cilíndricas e com 6-18 mm de diâmetro; estames com 3-12 sacos polínicos e conectivos frequentemente imbricados, pequenos, cocleariformes, com 1-3,5 mm de largura.

Sect. *Prismobracteatae* M. Dr. op. cit. 470 — Difere da anterior por: conectivos não imbricados, prismáticos no ápice.

Estão reconhecidas cerca de 20 espécies neste género, mas a sua distinção, na ausência de flores ou frutos, é difícil. A caracterização específica por meio das folhas é muito pouco segura, porquanto não só as folhas variam muito numa mesma espécie, como também os seus caracteres são muito semelhantes nas diferentes espécies. Por outro lado, nem todas as espécies deste género têm sido estudadas pormenorizadamente, em algumas desconhecem-se ainda certos caracteres.

Todas as espécies do género são naturais do Hemisfério Sul, distribuídas pela Nova Zelândia, Austrália oriental, Nova Caledónia, Ilhas de Fiji, Ilhas Filipinas, Polinésia e Península de Malaca. São árvores que se propagam por semente, por estaca ou enxertia, que rebentam geralmente de toça e que produzem resinas sobretudo utilizadas no fabrico de vernizes e linóleos.

Seguidamente, vamos apresentar com mais pormenor as descrições botânicas do género e das espécies cultivadas em Portugal, as destas acompanhadas das referências que julgamos útil mencionar.

Agathis Salisb.

Dammara [Rumph.] Lam., Encycl. Méth. Bot. II: 259 (Oct. 1786)
nom. gen. rejic.

Agathis Salisb. in Trans. Linn. Soc. VIII: 311 (1807) nom. gen.
conserv.

Árvores elevadas, de tronco nos exemplares adultos geralmente colunar e desramado até grande altura; pernadas ascendentes, mais ou menos aparentemente verticiladas, formando copa piramidal nos exemplares novos e ampla e rasa nos adultos; gemas providas de várias escamas (*catáfilos*) decussadas, arredondadas, coriáceas, acapeladas e imbricadas; raminhos glabros, às vezes pruinosos, roliços ou um tanto comprimidos, com os rastros das folhas mais ou menos distintamente decurrentes ao longo dos entre-nós (*meritalos*); ramificação das pernadas subverticilada ou mais raramente alterna. Folhas persistentes, laminares, grandes e largas, mais ou menos coriáceas, multinérveas e curtamente pecioladas (pecíolo comprimido, largo), as da flecha alternas e as dos ramos laterais opostas ou menos vezes subalternas e pseudodísticas ou decussadas, de forma e dimensões muito variáveis numa mesma espécie, conforme o vigor e a idade dos exemplares e a inserção dos ramos na copa, e até num mesmo ramo, frequentemente ovadas, lanceoladas ou oblongas; canais resiníferos, numas espécies, sempre um entre cada duas nervuras, mas noutras espécies aparecendo solitários e aos pares entre cada duas nervuras. Flores monoicas ou dioicas: 1) flores masculinas axilares ou supra-axilares, sésseis ou muito curtamente pedunculadas, envolvidas na base pelos catáfilos do botão, oblongas, elipsoides, ovóides ou globosas ⁽¹⁾, caducas mais ou menos cedo após a polinização, constituídas por numerosos estames alternos, densos, cada um com três a dezoito sacos polínicos unisseriados ou bisseriados, paralelos ao filete e deiscentes longitudinalmente; 2) flores femininas axilares ou terminais em ramos laterais curtos ou um tanto alongados, oblongas, turbinadas ou globosas, compostas de numerosas escamas uniovuladas sem escamas protectoras. Fruto globoso, turbinado, ovoide ou elipsoide, de escamas delgadas, sublenhosas na maturação, laminares e amplas mas incurvadas e ligeiramente espessadas na margem apical, múticas ou menos vezes mucronadas no ápice, cada uma das férteis com uma semente assimetricamente bialada assente sobre

(¹) As flores masculinas globosas só se encontram na *A. latifolia* M. Dr.

ela; maturação bienal; germinação epígea e plântula com dois cotilédones verdes.

Espécie típica: *A. alba* (Lam.) Foxw.

Obs. — Nos nossos trabalhos, temos considerado sempre o conjunto das escamas florais femininas das Coníferas como uma flor e não como uma inflorescência. Se bem que a discussão a este respeito persista já de há muito, citando-se como defensores de qualquer dos campos nomes dos mais ilustres na Botânica, o facto é que o assunto ainda não está plenamente arrumado, pela demonstração irrefutável a favor duma das hipóteses em litígio. O critério, que temos seguido e que admite como simples flor todo o agregado de escamas florais femininas das Coníferas, é o preconizado por PILGER (1926), após este autor ter realizado uma criteriosa exposição do facto. Porém, alguns autores mais recentes têm voltado a inclinar-se para o tipo inflorescência, com especial fundamento nos trabalhos de HAGERUP (1933) e FLORIN (1938-45). É de notar que este último autor apoia tal hipótese após um minucioso estudo comparativo entre os órgãos florais femininos das gimnospérmicas fósseis e das presentemente vivas. No entanto, convém salientar que FLORIN (1948) destaca das Coníferas os géneros *Taxus* L., *Austrotaxus* Compt., *Torreya* Arn., *Amentotaxus* Pilg. e *Nothotaxus* Florin, por terem flores femininas e não inflorescências, com os quais constituiu uma classe própria.

No género *Agathis* Salisb., as escamas florais femininas são simples, isto é, não são acompanhadas de escamas protectoras, sendo estas as *brácteas* dos autores que perfilham o tipo inflorescência. No entanto, o estudo anatómico, realizado por EAMES (1913), revela a existência de rudimentos de feixes condutores para as escamas protectoras, o que, portanto, leva a considerar o agregado das escamas florais femininas do género *Agathis* Salisb. como sendo de construção análoga à das restantes Coníferas, exceptuando os géneros excluídos por FLORIN acima mencionados.

- A — Ritidoma branco, liso; folhas muito polimorfas, com $3-14,5 \times 0,8-3,5$ cm; flores masculinas cilíndricas, às vezes cilíndrico-aclavadas, com $13-40 \times 6-8,5$ mm 1 — *A. alba*
- B — Ritidoma acinzentado ou cinzento-ferruginoso, liso mas por fim destacando-se irregularmente em pequenas placas; folhas: 1) nos exemplares jovens, oblongas, elípticas ou ovadas, atingindo $14 \times 6,5$ cm e 2) nos exemplares adultos, oblongo-lanceoladas, às vezes elípticas ou oblongo-ovadas, com $5,5-11 \times 1,5-3,6$ cm;

- flores masculinas cilíndricas, com $20-50 \times 5-7$ mm; fruto no 1.º ano com $5-6 \times 3,7-3,8$ cm e no 2.º ano com $8-10 \times 7-8$ cm; semente madura com $8-11 \times 4-5$ mm 2 — *A. robusta*
- C — Ritidoma cinzento, dividindo-se em placas; folhas dos ramos inferiores da copa ovado-lanceoladas, com $10-17 \times 2,5-5,2$ cm, as dos ramos superiores oblongo-lanceoladas ou subelípticas, com $6-11 \times 1,7-3,5$ cm; flores masculinas cilíndricas, com $25-50 \times 10-15$ mm; fruto no 1.º ano com $5-6 \times 4,5-5,5$ cm e no 2.º ano com $8,5-11 \times 8,5-10$ cm; semente madura com $19-20 \times 10-12$ mm 3 — *A. vitiensis*

1 — *Agathis alba* (Lam.) Foxw.

Dammara alba Lam., Encycl. Méth. Bot. II: 529 (Oct. 1786).

Pinus Dammara Lamb., Descript. Gen. Pinus ed. 1, I: 61, t. 38 (1803).

Agathis loranthifolia Salisb. in Trans. Linn. Soc. VIII: 312 (1807) nom. illegit.

Agathis Dammara (Lamb.) A. Rich. in L. C. Rich., Comm. Bot. Conif. Cycad. 83, t. 19 (1826).

Dammara orientalis D. Don in Lamb., Descript. Gen. Pinus ed. 2, II: 70, t. 43 (1828).

Abies Dammara Poir. ex Steud., Nom. Bot. ed. 2, I: 34 (1840) pro syn. ⁽¹⁾.

Dammara loranthifolia (Salisb.) Link ex Spach, Hist. Nat. Vég. Phan. XI: 336 (1842) nom. illegit.

Agathis regia Warb., Monsunia: 183, t. 8 f. 13 (1900).

Agathis alba (Lam.) Foxw. in Philippine Journ. Sci. V. A (Chem. Gerl.): 173 (1910).

Agathis orientalis (Lamb.) Hook. ex Rehd., Bradley Bibliogr. II: 25 (1912).

Árvore de ritidoma delgado, liso e branco. Folhas linear-lanceoladas, lanceoladas, oblongas, elípticas ou ovadas, agudas ou obtusas, com $3-14,5 \times 0,8-3,5$ cm nas árvores adultas, verde-claras nos ramos de um ano e verde-escuras nos de dois anos; pecíolo atingindo

⁽¹⁾ No Index Kewensis vem citado: *Abies Dammara* Poir. in Lam., Encycl. Suppl. V: 35 (1817). Todavia, Poiret não criou aqui tal binome, como facilmente se deduz da seguinte transcrição: «*L'abies* seu *pinus dammara* Lamb. n'est pas un pin; Salisbury en a, avec raison, le genre *agathis*».

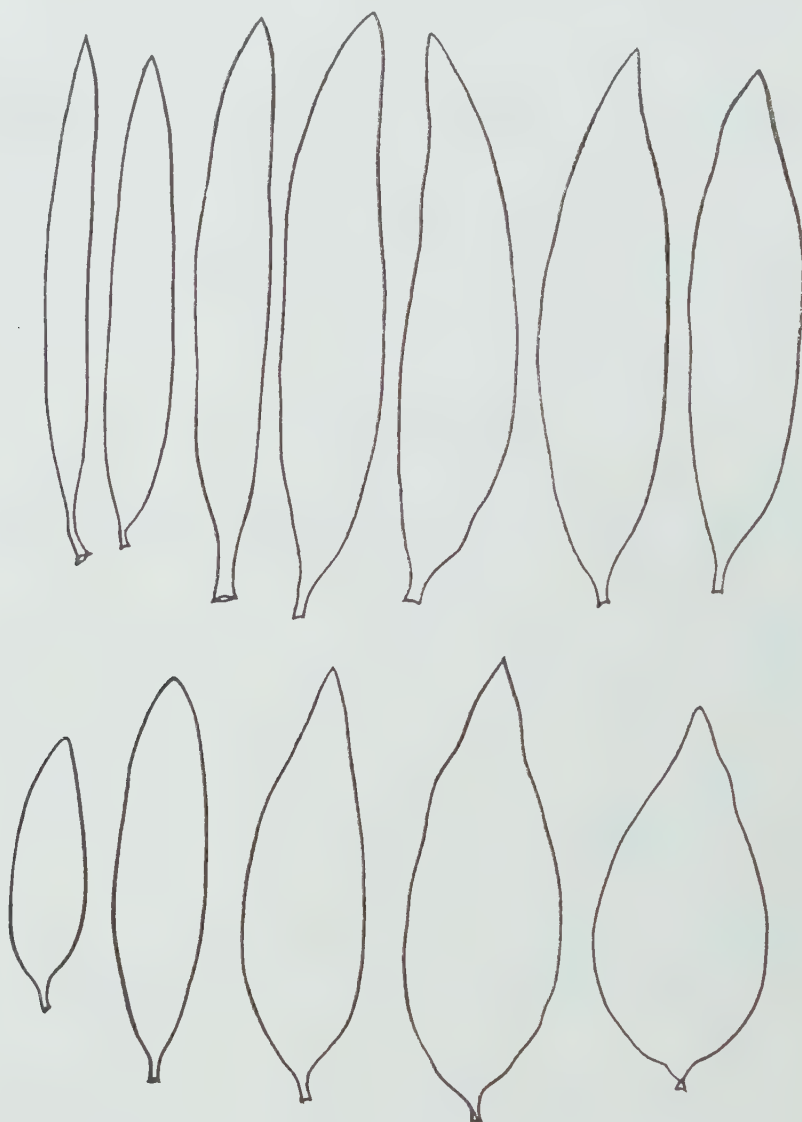


Fig. 1

Agathis alba (Lam.) Foxw. Folhas colhidas num mesmo exemplar adulto, plantado no Parque da Pena (Sintra). ($\times \frac{2}{3}$).

15 $\times$ 4 mm. Flores masculinas cilíndricas, obtusas ou subtruncadas no ápice, verdes de começo e ferruginosas na deiscência, com 13-40 $\times$ $\times$ 6-8,5 mm, de estames com 5-6 sacos polínicos bisseriados, rara-



Fig. 4

Agathis robusta (F. Muell.) F. M. Bailey. Exemplar adulto na Quinta de Monserrate (Sintra).



Fig. 5

Agathis robusta (F. Muell.) F. M. Bailey. Ramo com flores masculinas jovens, colhido num dos exemplares adultos da Quinta de Monserrate (Sintra). ($\times 1$).

mente só 3 unisseriados. Fruto erecto, solitário, pedunculado, globoso, no 2.º ano com $6-8 \times 7,5$ cm, castanho na maturação; escamas míticas, flabeliformes. Semente obovada, com $10-11 \times 8$ mm.

Distribuição geográfica: Arquipélago das Molucas: ilhas de *Kasiroeta*, *Batjan*, *Obi*, *Boeroe*, *Ceram* e *Amboína*, em altitudes de 100 a 1000 m.

Exemplares observados: Desta espécie, só conhecemos dois exemplares com cerca de 80 anos, o maior com 21 m de altura e DAP=40 cm, que produzem apenas flores masculinas de há vários anos a esta data, plantados junto ao «lago dos cisnes pretos» no Parque da Pena em Sintra.

2 — *Agathis robusta* (F. Muell.) F. M. Bailey

?*Dammara Brownii* Hort. Angl. ex Lem. in Ill. Hort. II, Misc. 60 (1855) nom. dub.

Dammara robusta C. Moore ex F. Fowler in «The Month» I: 293 (1857) nom. nud.; F. Muell. in Trans. Pharm. Soc. Vict. II: 174 (1860).

Agathis robusta (C. Moore ex F. Muell.) F. M. Bailey, Cat. Woods Queensl. (Lond. Col. Ind. Exhib. 1886): 83 (1886).

Agathis Brownii (Lem.) L. H. Bailey, Cultiv. Conif. N. Am. 151 (1933).

Árvore de ritidoma delgado, liso mas nas árvores mais idosas destacando-se em pequenas placas na parte inferior do tronco, cinzento ou cinzento-ferruginoso. Folhas amareladas ou cinzento-violáceas na rebentação, depois verde-amareladas e verde-escuro-brilhantes no fim do 1.º ano ou já no 2.º ano, polimorfas: 1) *nos indivíduos jovens*: oblongas, elípticas ou ovadas, acuminadas ou cuspidadas (o ápice cuspidado diferencia-se mais nas folhas ovadas), com $4-8 \times 1,5-3$ cm (geralmente só até aos três anos) e com $9-14 \times 3-6,5$ cm (geralmente só em indivíduos com mais de três anos), de pecíolo com 3-7 mm de comprimento; 2) *nos indivíduos adultos*: frequentemente oblongo-lanceoladas, às vezes elípticas ou oblongo-ovadas, obtusiúsculas ou pouco agudas, com $5-11 \times 1,5-3,6$ cm, de pecíolo até 15×6 mm. Flores monoicas; flores masculinas cilíndricas, obtusas, verdes de começo e ferruginosas na deiscência, com $20-50 \times 5-7$ mm, de estames com 3-7 sacos polínicos. Fruto erecto, solitário, pedunculado, sem exsudação de re-

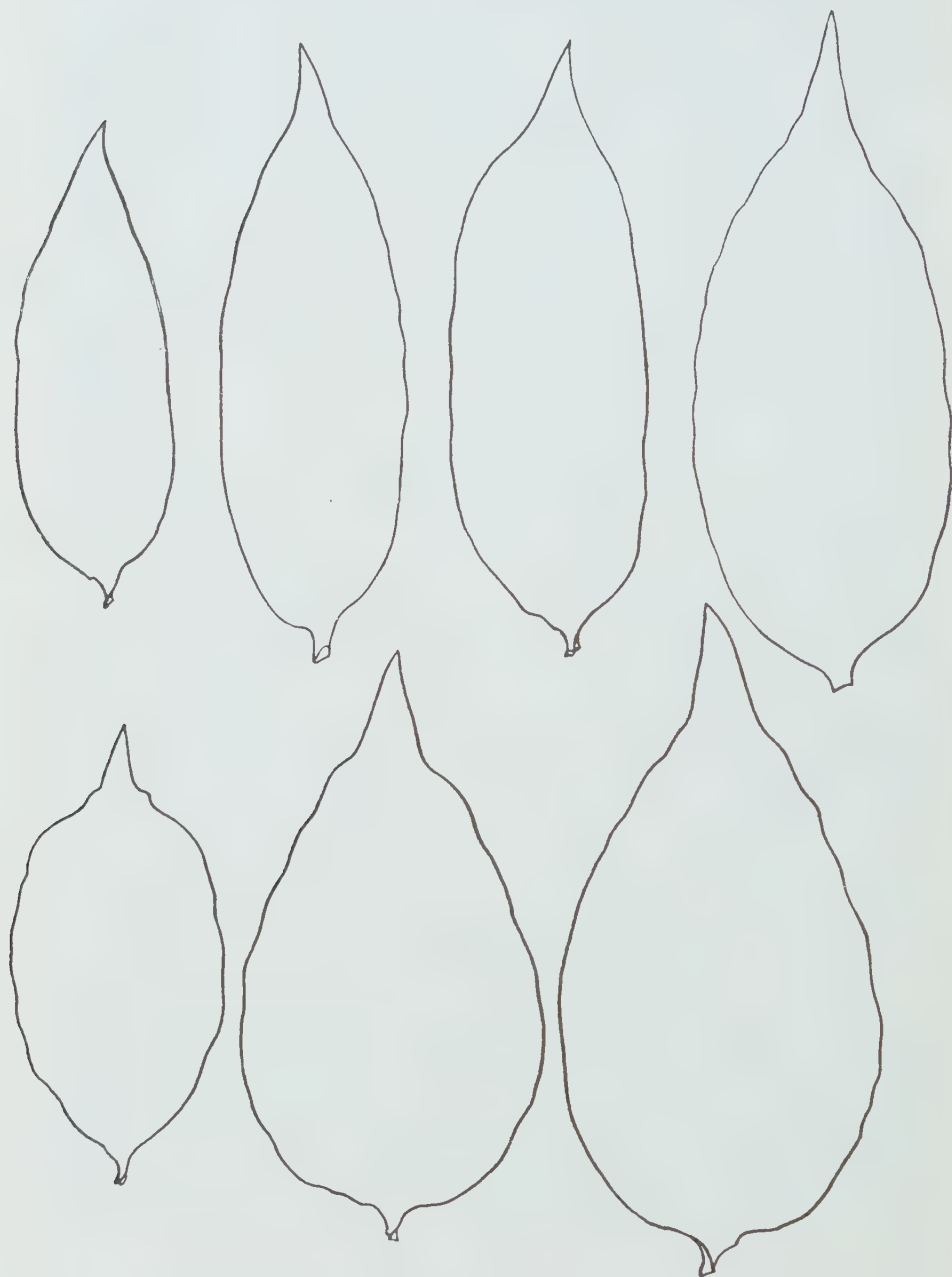


Fig. 2

Agathis robusta (F. Muell.) F. M. Bailey. Folhas colhidas num dos exemplares novos descendentes dos adultos da Quinta de Monserrate (Sintra). ($\times \frac{2}{3}$).

sina, turbinado ou subgloboso, 1) no 1.º ano, com $5-6 \times 3,7-3,8$ cm, verde mas ligeiramente pruinoso, não umbilicado na base e 2) no 2.º ano, com $8-10 \times 7-8$ cm, verde-escuro-brilhante mas tornando-se castanho-avermelhado na maturação, umbilicado na base por fim; escamas sempre míticas, as maduras flabeliformes com as margens laterais convexas ou rectas, auriculadas ou não na base, acastanhadas, com $25-38 \times 27-40$ mm. Semente oblonga, comprimida, com $8-11 \times 4-5$ mm, acastanhada, com asas membranosas, a mais desenvolvida com $20-25 \times 10$ mm. Ráquis cilíndrico ou aclavado, com $5-7 \times 1,3-1,7$ cm, trun-



Fig. 3

Agathis robusta (F. Muell.) F. M. Bailey. Folhas colhidas num dos exemplares adultos da Quinta de Monserrate (Sintra) ($\times \frac{1}{3}$); a folha menor é dum ramo cimeiro.

cado ou obtuso, às vezes umbilicado, no ápice, acinzentado com as cicatrizes das escamas deprimidas, romboidais e com $3-4 \times 2-3$ mm.

Nota: A descrição acima foi baseada nos exemplares adultos da Quinta de Monserrate (Sintra) e em exemplares novos seus descendentes.

Distribuição geográfica: Austrália; esta espécie constitui densas florestas na costa da Queenslândia.

Exemplares observados: Na Quinta de Monserrate, em Sintra, estão plantados dois grandes exemplares, um no grupo de árvores dentro do relvado, na encosta do palácio, e outro à margem do jardim em frente; ambos, que frutificam e dão semente fértil com regeneração natural, desde há vários anos, tinham, em 1943, 27 m de altura e DAP respectivamente de 1,27 m e 1,00 m. A polinização dá-se no fim do Inverno e a maturação de Setembro a Outubro. Das sementes colhidas

em Agosto, algumas já germinam, mas a percentagem destas é muito inferior às colhidas na maturação. A germinação dá-se ao fim de 8 a 10 dias e os indivíduos jovens necessitam de muita luz. Muitas sementes germinam sob coberto, mas as plântulas morrem ao cabo de pouco tempo. As plântulas apresentam os seguintes caracteres: Dois cotilé-

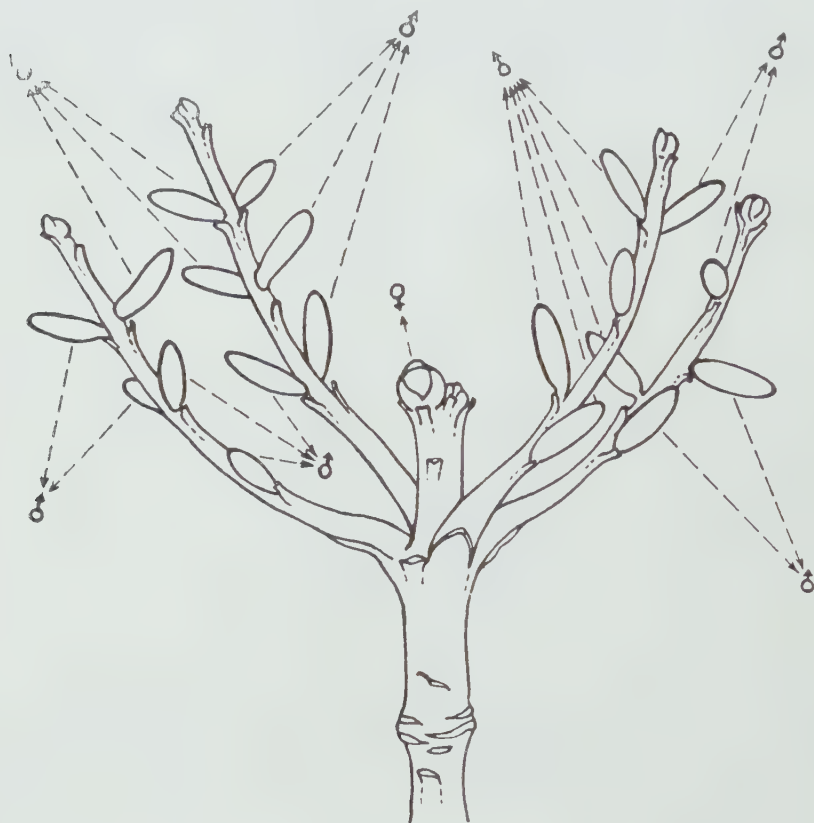


Fig. 6

Agathis robusta (F. Muell.) F. M. Bailey. Esquema de inserção das flores masculinas e dum botão floral feminino.

dones opostos, sésseis, oblongos, verde-claro-brilhantes, obtusos, inteiros, com $11-14 \times 3,5-6$ mm; hypocótilo glabro, cilíndrico, delgado (com cerca de 1,4 mm de diâmetro), primeiro verde-claro e mais tarde castanho e ligeiramente estriado longitudinalmente; folhas primordiais uma ou duas, lanceoladas ou oblongas, membranosas, flexíveis, obtusas ou acutiúsculas, verde-vivo-brilhantes, subsésseis e com $20-28 \times 6-15$ mm.

Fig. 7

Agathis robusta (F. Muell.) F. M. Bailey. Ramo com um fruto do 1.º ano e outro do 2.º ano, colhido num dos exemplares adultos da Quinta de Monserrate (Sintra). ($\times \frac{1}{4}$).



Fig. 8

Agathis robusta (F. Muell.) F. M. Bailey. Fruto maduro principiando a abrir, colhido num dos exemplares antigos da Quinta de Monserrate (Sintra). ($\times \frac{2}{3}$).



Fig. 13
Agathis vitiensis (Seem.)
 Drake. Ramos com flores mas-
 culinas. ($\times \frac{1}{3}$).



Fig. 14
Agathis vitiensis (Seem.) Drake. Ramo com um fruto jovem, pouco tempo após
 a polinização. ($\times \frac{2}{3}$).

Na Quinta da Bela Vista, em Sintra, há um exemplar vigoroso.

No Parque da Pena, em Sintra, existem actualmente junto à rua entre a Fêteira da Condessa e o Jardim da Condessa quatro exemplares novos plantados em 1943. Estes exemplares foram fornecidos pela casa Alfredo Moreira da Silva & C.^a (Filhos), do Porto, sob o nome de *Dammara Moorei* e provêm de estacas tiradas num exemplar antigo

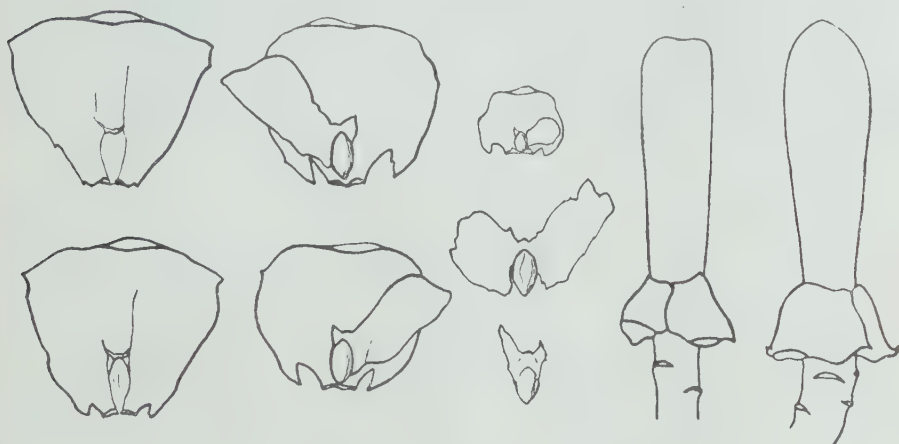


Fig. 9

Agathis robusta (F. Muell.) F. M. Bailey. Quatro escamas frutíferas maduras (duas já com sementes), uma escama frutífera do 1.^o ano, duas sementes com asas anómalas e dois ráquis de fruto maduro. ($\times \frac{2}{3}$). Desenhos feitos a partir de material colhido nos exemplares adultos da Quinta de Monserrate (Sintra).

existente no Palácio de Cristal (Porto). Estes exemplares têm tido grande desenvolvimento, mas ainda não floresceram.

No mesmo Parque da Pena, no canteiro entre a Fonte dos Passarinhos e o Jardim das Camélias, por trás do exemplar antigo de *Dacrydium cupressinum* Lamb., existiu em tempos um exemplar grande, que nunca frutificou e que foi derrubado por um temporal, tido como *Dammara australis* e que muito provavelmente pertenceria à *Agathis robusta* (F. Muell.) F. M. Bailey. Desta árvore não há qualquer exemplar de herbário.

Na Mata do Buçaco, encontram-se os seguintes exemplares: um, mal desenvolvido e que nunca frutificou, junto à estrada, do lado de cima da Fonte de Santa Tereza; dois melhor desenvolvidos ao cimo do lago da Fonte Fria, um deles partido pelo ciclone de 15 de Fevereiro de 1941, mas já com renovação da flecha ambos habitualmente pro-

duzindo flores masculinas e tendo um deles frutificado em 1946 mas com sementes estéreis.

Na Mata dos Lameirões, situada na Serra da Guardunha e limite do Alcaide, plantámos em 1944 dois exemplares, oferecidos pela Casa Alfredo Moreira da Silva & C.^a (Filhos), que secaram no Inverno seguinte, devido ao intenso frio.

A maior parte dos exemplares cultivados em Portugal desta espécie tem sido considerada como *Dammara australis*, critério este que certamente provém duma errónea classificação dos exemplares mais antigos. A verdadeira *Dammara australis* D. Don, actualmente *Agathis australis* (D. Don) Lindl., de que vimos em Kew exemplares de her-

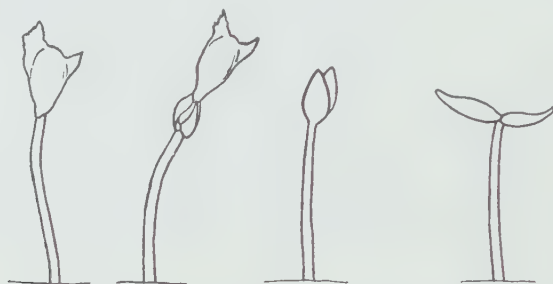


Fig. 10

Agathis robusta (F. Muell.) F. M. Bailey. Esquema da germinação duma semente ($\times 1$).

bário de material colhido na Nova Zelândia e exemplares vivos na Estufa, distingue-se perfeitamente da *Agathis robusta* (F. Muell.) F. M. Bailey pelos seguintes caracteres: folhas dos indivíduos jovens linear-lanceoladas, acutiúsculas, com $4-10 \times 0,6-0,8$ cm; folhas dos indivíduos adultos oblongas ou obovadas, obtusas, com $2-4 \times 0,8-1,2$ cm; flores masculinas com $25-45 \times 8-12$ mm, de estames com 10 a 12 ou mais sacos polínicos; fruto ovoide ou globoso, nunca umbilicado na base, no 1.º ano com $3-4 \times 2-2,5$ cm e no 2.º ano com $6-7 \times 6-7$ cm; escamas mucronadas no ápice, as maduras nunca auriculadas na base e com $20-22 \times 26-28$ mm.

Por virtude de à data os exemplares cultivados em Portugal estarem classificados como *Dammara australis* e de não termos tido então bibliografia, capaz sobre o assunto, descrevemos na Dendrologia Florestal: 19 (1943), sob o nome de *Agathis australis* (Lamb.) Steud., esses exemplares. Fica, portanto, aqui ressaltado que a descrição botânica, as referências aos exemplares cultivados em Portugal e a nota

sobre o período de germinação, naquela obra, dizem respeito à *Agathis robusta* (F. Muell.) F. M. BAILEY.

Notas nomenclaturais: LEMAIRE (1855) denomina «*Dammara Brownii* Hort. Angl.» uma planta jovem envazada que observou no estabelecimento hortícola de A. Van Geert e adquirida por elevado preço pouco tempo antes em Inglaterra. Junto está uma gravura da planta e duma folha ampliada. No fim de várias considerações sobre esta planta, LEMAIRE apresenta a seguinte descrição: «D. [*Dammara*] arbor maximissima? ramosissima glaberrima olivaceo-virens, cortice rimoso; ramis subverticillatis horizontalibus ramosis ramulosisque basi subtus inflatis cicatrice (folii casu) vetusti notatis, ramulis ramulinisque cruciatim oppositis v. suboppositis striatis resinoso-glaucescentibus; foliis (magnitudine variabilibus) magnis lanceolato-oblongis coriáceo-crassis, apice plus minus acuminatis et recurvis margine subundulatis dense venoso-striatulis in petiolum brevissimum plicato-tortum attenuatis oblique insertis basi v. non saepe subcordatis amentis (Nobis, ex natura).» Se bem que a gravura acima citada lembre bastante os exemplares novos de *Agathis robusta* (F. Muell.) F. M. BAILEY que conhecemos, o facto é que isto não constitui prova plena de identidade específica, tanto mais que, apenas pelos caracteres vegetativos, muitas vezes não é possível distinguir com certeza exemplares de espécies deste género. A descrição, dada por LEMAIRE, em nada ajuda a identificação pela mesma razão. Não nos repugna supor que o nome *Dammara Brownii* tenha sido baseado em exemplares jovens de *Agathis robusta* (F. Muell.) F. M. BAILEY, visto ser esta uma das espécies do género mais representada nas colecções europeias, mas, pela impossibilidade de confirmar o facto, somos levados a manter *Dammara Brownii* como um *nomen dubium*. Nesta ordem de ideias, a combinação *Agathis Brownii* (Lem.) L. H. BAILEY deixa de ser válida. É de notar que L. H. BAILEY e E. Z. BAILEY (1941) se referem ao nome *Agathis Brownii* nos seguintes termos: «an ambiguous name based on a juvenile plant of unknown identity; material so listed may be *A. alba*, *A. robusta* or other species.»

O nome *Dammara robusta* foi proposto por C. Moore e inscrito nas etiquetas dos espécimes de herbário distribuídos por este colector. O primeiro autor, que publicou tal nome, foi F. FOWLER (1857), mas sem uma descrição botânica. FERDINAND VON MUELLER (1860) foi quem primeiramente publicou uma descrição botânica sob aquele nome e, por isso, a data desta descrição é que constitui o ponto de partida da prioridade de *Dammara robusta*. Ficamos muito gratos

a Mr. Alexander William Jessep, de «Melbourne Botanic Gardens» (Victoria, Austrália), pelas informações que amavelmente nos deu a respeito da publicação do nome *Dammara robusta* e de que não tínhamos conseguido obter elementos em Inglaterra.

3 — **Agathis vitiensis** (Seem.) Drake

Dammara vitiensis Seem. in Bonplandia IX: 259 (1861) nom. nud.; Gord. Pinet. Suppl. 28 (1862) nom. nud.; Carr., Tr. Conif. ed. 2: 625 (1867) nom. nud.; Seem., Fl. Vit. 265, t. 76 (28-II-1868); Parl. in DC. Prodr. XVI (2): 376 (VI-1868).

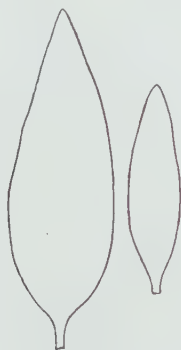


Fig. 11

Agathis vitiensis (Seem.) Drake. Folhas, respectivamente, dum ramo inferior e dum ramo superior da copa. ($\times \frac{1}{2}$).

Dammara longifolia Lindl. ex Gord., Pinet. Suppl. 28 (1862) nom. subnud.; Carr., Tr. Conif. ed. 2: 625 (1867) nom. subnud.

Agathis vitiensis (Seem.) Benth. et Hook. f. ex Drake, Ill. Fl. Ins. Mar. Pacif. 353 (1886).

Agathis longifolia (Lindl. ex Gord.) Warb., Monsunia I: 186 (1900).

Árvore de ritidoma delgado, esbranquiçado por dentro, exteriormente mais escuro e dividido em algumas placas nos indivíduos adultos. Folhas verde-claras no 1.º ano, tornando-se verde-escuras na página superior mas mais pálidas na inferior desde o 2.º ano, brilhantes, agudas ou obtusiúsculas; 1) *nos ramos inferiores da copa*: ovado-lanceoladas, com 10-17 $\times$ 2,5-5,2 cm, de margens ligeiramente revolutas, de pecíolo com 3-10 $\times$ 4-5 mm; 2) *nos ramos cimeiros da copa*: oblongo-lanceoladas ou subelípticas, com 6-11 $\times$ 1,7-3,5 cm, mais consistentes



Fig. 15

Agathis vitiensis (Seem.) Drake. Frutos do 1.^o ano ($\times 1$).



Fig. 16

Agathis vitiensis (Seem.) Drake. Ramo com dois frutos quase maduros, um ráquis e várias flores masculinas. ($\times \frac{1}{3}$).

do que as dos ramos inferiores. Flores monoicas; flores masculinas cilíndricas, obtusas ou subtruncadas, verdes de começo e por fim castanhas, com $25-50 \times 10-15$ mm, de estames com 3-7 sacos polínicos. Fruto erecto, solitário, pedunculado, 1) no 1.º ano, com $5-6,5 \times 4,5-5,5$ cm, subgloboso, sem ou com pouca exsudação de resina, verde mas revestido de pruina glauca, não umbilicado na base e 2) no 2.º ano, com $8,5-11 \times 8,5-10$ cm, verde-escuro e menos pruinoso, na maturação cas-

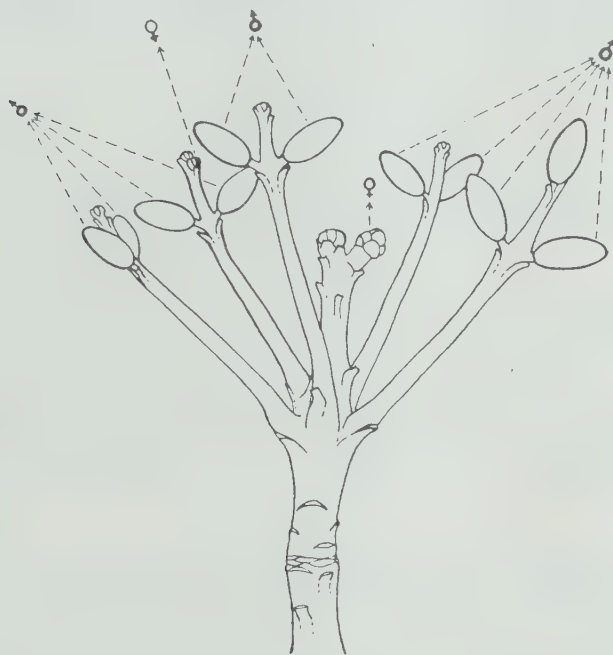


Fig. 12

Agathis vitiensis (Seem.) Drake. Esquema da inserção das flores masculinas e de dois botões florais femininos.

tanho-avermelhado, globoso-ovoide, com exsudação de resina branca, umbilicado na base; escamas sempre míticas, mais espessas no bordo superior, as maduras flabeliformes com as margens laterais convexas ou subrectas, na base geralmente com uma aurícula desenvolvida e outra rudimentar, às vezes ambas desenvolvidas ou nulas, com $35-40 \times 35-50$ mm. Semente elíptica, comprimida, com $19-20 \times 10-12$ mm, castanha, alada de ambos os lados mas geralmente com uma das asas mais desenvolvida, menos vezes com ambas igualmente desenvolvidas,

membranosas, castanho-acinzentadas, muito variáveis na forma e dimensões, a asa maior frequentemente cultriforme, menor ou excedendo a escama e com $17 \times 10-20$ mm, a asa rudimentar de forma muito irregular (triangular, subelíptica, subovada ou suborbicular). Ráquis aclavado, com $6-8 \times 2,3-2,6$ cm, de ápice ogival, acinzentado, com as cicatrizes das escamas deprimidas, romboidais e com $3-4 \times 5-9$ mm.

Distribuição geográfica: Espontânea nas florestas do arquipélago de Fiji ou Viti, sendo abundante nas ilhas de Vanua-Lévu e Viti-Lévu.

Exemplares observados: Apenas conhecemos um exemplar antigo na Quinta de Monserrate, em Sintra, que mede 20 m de altura e 60 cm

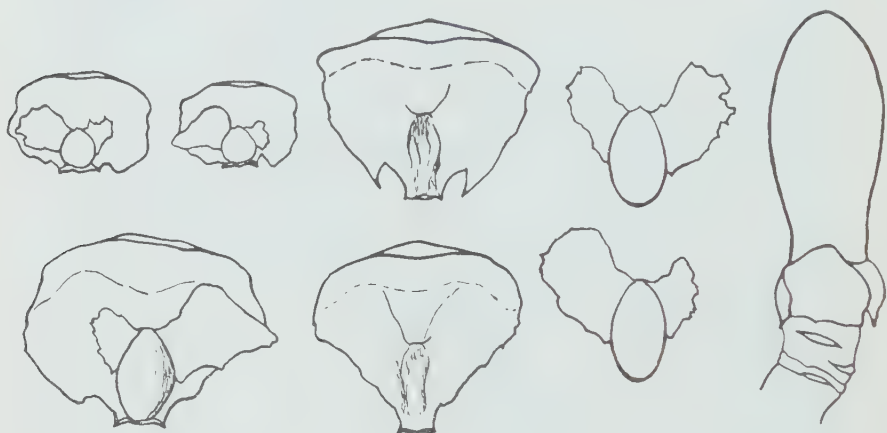


Fig. 17

Agathis vitiensis (Seem.) Drake. Duas escamas frutíferas do 1.º ano, três escamas frutíferas maduras, duas sementes maduras e um ráquis maduro. ($\times \frac{2}{3}$).

de DAP. Este exemplar floresce e frutifica regularmente, mas os frutos raramente atingem a perfeita maturação. Os botões florais masculinos desabrocham em princípios de Novembro e a polinização dá-se nos meados do Inverno. Em Dezembro, temos observado ainda frutos do 2.º ano imaturos na árvore.

SUMMARY

The A. gives a full botanical description of the genus *Agathis* Salisb. and a detailed study of the different species cultivated in Portugal, pointing to the fact that these trees grow well in the open air and at Sintra they flower and fructify regularly. The A. could only identify the species cultivated in Portugal after having made investigations on the subject at the Royal Botanic Gardens

(Kew). The species represented are: *A. alba* (Lam.) Foxw., *A. robusta* (F. Muell.) F. M. Bailey and *A. vitiensis* (Seem.) Drake, the second being the more common and hardy. The fig. 1 shows leaves collected on the same tree of *A. alba*, exhibiting a great leaf polymorphism. As the big old trees of *A. robusta*, growing in the «Quinta de Monserrate» (Sintra), give good seed from which were raised many new ones, the A. had the opportunity of studying the characters of specimens in different ages; fig. 2 shows leaves collected on young plants, and fig. 3 leaves from the old trees. The largest sizes observed are:

A. alba — Height: 21 m; diameter: 0,40 m.

A. robusta — Height: 27 m; diameter: 1,27 m.

A. vitiensis — Height: 20 m; diameter: 0,60 m.

All the diameters were taken at 1,30 m from the ground.

BIBLIOGRAFIA

BAILEY, L. H. and E. Z. BAILEY

1941 *Hortus Second.* The Macmillan Company. New York.

DREES, E. M.

1940 The genus *Agathis* in Malaysia. *Bull. Jard. Bot. (Buitenzorg)* ser. 3, XVI (4): 455-474.

EAMES, A. J.

1913 The Morphology of *Agathis australis*. *Ann. Bot.* XXVII: 1-38, t. I-IV.

FLORIN, R.

1938-45 Die Koniferen des Oberkarbons und des unteren Perms. 1-8. *Palaeontographica* LXXXV B: 1-729.

1948 On the morphology and relationships of the Taxaceae. *Bot. Gaz.* CX (1): 31-39.

FRANCO, J. do A.

1943 *Dendrologia Florestal.* Lisboa.

1949 Notas sobre a nomenclatura de algumas Coníferas. *Portug. Acta Biol.* (B) vol. extraord.: 19-35.

HAGERUP, O.

1933 Zur Organogenie und Phylogenie der Koniferen-Zapfen. *Kgl. Danske Vidensk. Selsk., Biol. Meddel.* X: 1-82.

PILGER, R.

1926 Coniferae. In *Engler und Prantl, Die Naturl. Pflanzenf.* 2 Aufl., XIII: 121-403.

Estrutura e Identificação das Madeiras das Resinosas Cultivadas em Portugal ⁽¹⁾

(Caracteres Microscópicos)

por

FERNANDO RAPOSO

Engenheiro Silvicultor

INTRODUÇÃO

O trabalho que agora apresentamos será o primeiro de uma série que, no seu conjunto, comportará o estudo das madeiras das essências florestais cultivadas no nosso País de interesse económico imediato ou futuro. É um trabalho que se apresenta de certo modo atrasado em relação aos já realizados noutros países.

Por agora, tratamos unicamente do lenho de algumas essências florestais pertencentes à classe *Coniferae* — Resinosas — e limitamo-nos a estudar a sua estrutura microscópica. Este estudo é, não só o mais acessível, como o primeiro na escala hierárquica dos estudos sobre madeiras. A este propósito diz AZEVEDO GOMES (1947): «*o conhecimento perfeito da histologia e arranjo estrutural de cada tipo de madeiras está na base do respectivo aproveitamento industrial*, se quisermos que este atinja o grau máximo da utilidade».

Em Portugal o interesse pelos estudos sobre madeiras tem sido de carácter ocasional. ALFARO CARDOSO (1918) no seu trabalho «Contribuição para o estudo da madeira do pinheiro bravo» apresenta inicialmente um plano que não pôde cumprir na sua totalidade, e que ainda hoje não está cumprido, apesar de a essência estudada ser a que ocupa

(¹) Dissertação de concurso ao lugar de professor extraordinário do 7.º grupo de disciplinas do Instituto Superior de Agronomia.

maior área em Portugal (cerca de 50 % da área florestal). Este autor limitou-se ao estudo da estrutura microscópica do lenho daquela essência, por ser o mais acessível, embora não o menos trabalhoso, desprovido como estava—como ainda hoje se está—dos meios necessários para a boa execução dos restantes aspectos considerados no seu bem elaborado plano. VASCONCELLOS apresentou mais tarde — 1929 — umas chaves dicotómicas para a «Identificação de madeiras pelos caracteres macroscópicos». Razões de ordem didáctica levaram este autor a realizar aquele estudo que ainda hoje é único e mantém actualidade e utilidade. Outros trabalhos publicados referem-se a casos de identificação de madeiras — MONTEIRO (1924) e VASCONCELLOS (1931).

As razões que nos levaram a executar este trabalho são principalmente de ordem didáctica. Esperamos poder estudar, seguidamente, o outro grupo de essências florestais — Folhosas —, continuando ainda a limitarmo-nos aos caracteres microscópicos. Os restantes aspectos a serem considerados no estudo das madeiras, particularmente os que dizem respeito às propriedades físico-mecânicas, só poderão ser encarados por laboratórios especializados.

O conhecimento da estrutura microscópica do lenho tem não só interesse didáctico como tecnológico. A par disso permite estabelecer sistemas de identificação de grande utilidade nos estudos sobre a tecnologia da madeira. Estes mesmos conhecimentos já começam hoje a ter o maior interesse na resolução de problemas da Sistemática (METCALF e CHALK, 1950).

O problema da identificação tem merecido a maior atenção dos anatomistas da madeira de grande número de países, incluindo o nosso. Este problema tem vindo a ser resolvido por sucessivas aproximações de modo a obter uma solução final aceitável. A solução das chaves dicotómicas de utilização regional tem sido a mais seguida. Não podem evidentemente estas chaves subordinarem-se a um plano único, pois, normalmente, dizem respeito cada uma delas a espécies diferentes. Além disso, são geralmente construídas a partir dum número reduzido de amostras que, algumas vezes, provêm de árvores que não viveram no seu meio próprio (PHILLIPS, 1948); todas elas ainda sofrem da deficiência de não permitirem que se juntem novas espécies.

Todas estas razões levaram alguns anatomistas da madeira a apresentar sistemas universais (PHILLIPS, 1948, PFEIFFER e VAROSSIEAU, 1946). Tem facilitado bastante esta corrente a actividade da Associa-

ção Internacional dos Anatomistas da Madeira que, com esse fim, estabeleceu um Glossário (I. A. W. A., 1933) que tem vindo a actualizar-se continuamente. Estes sistemas têm a vantagem de permitir a junção de novas espécies sem alteração do critério que presidiu à sua elaboração. A sua organização obriga a um conhecimento bastante completo da estrutura microscópica duma grande maioria das espécies a cuja identificação eles se destinam. É um trabalho árduo e moroso que não pode prescindir duma vasta colaboração entre os especialistas.

Entre estes sistemas, o que se encontra em utilização é o sistema inglês (de fichas perfuradas) que PHILLIPS (1948) adaptou às madeiras das Resinosas; o critério a que obedeceu a sua organização baseou-se na observação de cerca de 1500 amostras de lenho provenientes de todas as zonas do Globo fornecidas por Institutos, Laboratórios e Serviços especializados. O uso de tais sistemas de identificação fica restrito a laboratórios especializados onde se encontrarão os respectivos ficheiros devidamente actualizados; esta actualização só é possível estabelecê-la por meio duma colaboração eficiente entre laboratórios afins.

O sistema holandês (VAROSSIEAU, 1948) pretende ser superior ao inglês mas destina-se às Folhosas. É bastante complexo e implica o uso de máquinas classificadoras de custo elevado. De resto um sistema que se destina a identificar cerca de 120.000 espécies tem de ser necessariamente complexo.

Se as chaves dicotómicas regionais, tanto as que só consideram os caracteres macroscópicos, como as que tratam dos caracteres microscópicos não têm resolvido cabalmente o problema da identificação, estes novos sistemas com carácter universal, sejam eles baseados nos caracteres macro e microscópicos ou se alarguem às propriedades físicas, continuaram a não o resolver totalmente. Mantêm-se os casos de dúvida que se têm procurado resolver por meio de ensaios químicos; é um assunto que tem sido bastante estudado e em que já se conseguiram alguns resultados seguros. PHILLIPS indica um método — devido a WELCH — para a segura distinção entre algumas espécies do género *Agathis*; ainda o mesmo autor indica um outro método — devido a COHEN — que permite igualmente distinguir entre si algumas espécies do género *Araucaria*. SAKORNBUT (1951) apresenta também um método pelo qual é possível distinguir quatro espécies do género *Pinus*. Os métodos químicos apontados por PHILLIPS são de fácil execução e bastante acessíveis, pois o material lenhoso exigido não vai além de 5 gr. para um caso e de 1 gr. para o outro. Ensaios deste tipo são de

grande utilidade pois, desta forma, poder-se-ão resolver alguns casos confusos a que a identificação pelos caracteres microscópicos algumas vezes nos conduzem. Estes dados — dos ensaios químicos — não podem evidentemente ser considerados na organização de qualquer sistema de identificação, pois são de uso restrito.

Este nosso trabalho, que é um estudo preliminar de algumas madeiras provenientes de essências florestais cultivadas no nosso País, foi orientado de modo a poder ser integrado no sistema universal de identificação que foi estabelecido por PHILLIPS (1948).

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de lenho, de que nos servimos para a elaboração do presente trabalho, foram colhidas na sua quase totalidade em troncos de árvores que tinham atingido a condição adulta; as restantes amostras provieram de pernadas.

Houve sempre o cuidado de identificar os indivíduos donde aquelas amostras foram colhidas. Nos casos de identificação duvidosa colheu-se material de herbário que no Gabinete de Botânica do Instituto Superior de Agronomia foi devidamente classificado.

As pequenas amostras de lenho, destinadas ao estudo dos caracteres microscópicos, foram sempre colhidas na zona do borne para, desta forma, termos a garantia de ser a estrutura a observar a característica da idade adulta em cada um dos indivíduos estudados.

O material estudado proveio na sua quase totalidade do Perímetro Florestal do Gerez; o restante foi colhido no Parque da Pena e na Tapada da Ajuda.

A terminologia que utilizámos na descrição dos caracteres anatómicos é, na sua maioria, a do Glossário da *Associação Internacional dos Anatomistas da Madeira* (I. A. W. A., 1933). Nos casos em que este Glossário é omissivo ou se encontra desactualizado, seguimos a terminologia apresentada por BROWN, PANSIN e FORSAITH (1949); apoiámo-nos ainda nos trabalhos de RECORD (1934), EAMES e McDANIELS (1947) e VASCONCELLOS (1948-9).

Os métodos adoptados no presente estudo encontram-se descritos com o pormenor necessário no texto que adiante se apresenta. Neste aspecto foi nosso guia seguro o trabalho de PHILLIPS (1948).

CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS CARACTERES ANATÓMICOS UTILIZADOS NA DESCRIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO LENHO DAS CONÍFERAS

Anéis de crescimento

Anéis de crescimento — Podem ser *distintos* ou *indistintos*. Dizem-se distintos quando o crescimento se apresenta descontínuo ou periódico e indistintos quando contínuo e portanto ininterrupto (Figs. 1 e 2).

No nosso meio, os anéis de crescimento correspondem a actividades anuais, e por isso se designam por anéis ou *camadas anuais*. Cada camada anual, apresenta-se formada por duas faixas de tecido lenhoso de densidade diferente; a uma faixa de lenho frouxo (lenho inicial ou zona de primavera) segue-se uma outra de lenho denso (lenho tardio ou zona de outono) que geralmente é mais estreita que a anterior.

É pela observação microscópica que se podem verificar os limites dos anéis de crescimento ou das camadas anuais, pois apenas desta forma nos podemos aperceber com precisão da existência de paragens no crescimento.

No nosso estudo encontrámos uma madeira — *Araucaria excelsa* — que, embora macroscopicamente apresentasse anéis de crescimento distintos, na observação microscópica estes anéis revelaram-se indistintos, isto é, embora se tivesse verificado a existência de faixas de lenho frouxo, alternando com faixas de lenho denso, não demos pela presença de qualquer paragem no crescimento. Todos os autores, quando se referem a esta espécie, ou melhor à família a que esta espécie pertence, afirmam que ela apresenta anéis de crescimento indistintos. Sucede que todos os casos estudados por esses autores eram de amostras provenientes das zonas tropical e temperada sul. Parece portanto que a *Araucaria excelsa* é uma árvore em que, embora macroscopicamente o lenho mostre a existência de anéis de crescimento distintos, na verdade eles são indistintos porquanto o seu crescimento é contínuo.

Encontrámos também numa amostra de *Cupressus macrocarpa* um caso parecido mas agora com carácter ocasional. PHILLIPS também notou este aspecto nesta espécie e do mesmo modo o classificou de anormal ou não frequente.

No caso da *Cupressus lusitanica* não encontrámos anéis de crescimento indistintos embora PHILLIPS classifique esta espécie como tendo normalmente este aspecto.

Afora os casos atrás apontados — *Araucaria excelsa* e *Cupressus macrocarpa* — todas as outras madeiras mostraram sempre a existência de anéis de crescimento distintos, cada um deles representando uma camada anual.

PHILLIPS limita-se a anotar a presença ou ausência dos anéis de crescimento. BROWN, para alguns casos, estabelece os valores limites da variação do número de camadas anuais por polegada.

Zona de Outono — Na zona de outono consideramos primeiramente o maior ou menor espessamento da parede celular dos traqueídeos que a constituem, em relação com o apresentado pelos traqueídeos da zona de primavera; consideramos, ainda, a largura mais frequente apresentada por esta zona e finalmente o modo como se efectua a transição entre as duas zonas na mesma camada anual.

PHILLIPS estabelece uma única determinação — *zona de outono distinta* —. Considera ele uma amostra de lenho como apresentando zonas de outono distintas quando estas se mostram densas, nitidamente bem definidas das de primavera no mesmo anel e com uma largura superior a um quarto do respectivo anel de crescimento.

Neste estudo estabelecemos que se deveriam classificar as *zonas de outono* como *distintas* quando se verificasse marcada diferença entre as espessuras das paredes dos traqueídeos de uma e outra zona da mesma camada anual. Para definir a largura limitámo-nos a contar o número de fiadas tangenciais de traqueídeos exibidas em cada zona de outono e, de acordo com BROWN, estabelecemos os dois grupos seguintes: lenho de *zonas de outono frequentemente maiores que 10 fiadas tangenciais* e lenho de *zonas de outono frequentemente menores que 10 fiadas tangenciais*. Como complemento da observação da zona de outono anotámos a forma como se faz a transição da zona de primavera para a de outono numa mesma camada anual. A *transição gradual* da zona de primavera para a de outono é a mais corrente entre as amostras estudadas. A *transição rápida* foi observada em poucas espécies e nem em todas elas de forma bem nítida tal como se observa por exemplo na *Pseudotsuga Menziesii* e na *Pinus silvestris*. Nalguns casos só algumas camadas anuais apresentavam este aspecto de forma nítida.

Verificou-se que as amostras por nós classificadas como tendo zonas de outono distintas, frequentemente maiores que 10 fiadas tangenciais de traqueídeos e exibindo uma transição primavera-outono do tipo rápida, eram sensivelmente as mesmas que PHILLIPS apresentou como tendo zonas de outono distintas (Fig. 2).

Finalmente, e ainda a propósito da observação das camadas anuais, é de ter em conta, não só a presença de lenho de compressão, como também a de falsas camadas anuais (Fig. 2) e a de camadas descontínuas; todo o material que se apresente com qualquer destes aspectos não deve ser utilizado para o objectivo exclusivo da identificação.

Traqueídos longitudinais

Os traqueídos longitudinais, a que RECORD (1934) dá o nome de traqueídos ordinários, são o elemento histológico de maior representação no lenho das Coníferas — cerca de 95 % do volume lenhoso. A par disso são elementos relativamente pobres de pormenores úteis na identificação.

Forma e dimensões — Estes elementos, quando observados na secção transversal, apresentam-se, na maioria dos casos, sob uma forma poligonal que pode variar de quadrangular a hexagonal conforme a espécie e dentro da mesma espécie conforme a zona. Embora raramente, nalgumas espécies os traqueídos aparecem sob uma forma arredondada ou melhor *orbicular* (Fig. 3); muitas vezes a forma orbicular só se verifica no contorno interno da parede celular. Este tipo de células que é mais próprio na zona de outono pode estender-se a toda a camada anual.

As espécies *Taxus baccata*, *Larix decidua*, *Pinus Clusiana* var. *corsicana* e *Taxodium distichum*, exibem regularmente traqueídos com este tipo de secção; as espécies do género *Cupressus* assim como a *Chamaecyparis funebris*, *Thuja orientalis* e a *Juniperus virginiana* também o exibem mas de forma menos marcada e não regularmente.

Este mesmo aspecto é característico do lenho de compressão (DADSWELL e WARDROP, 1949) mas aqui tanto o contorno externo como o interno da parede celular se apresenta orbicular. Por este motivo — e é mais um — deve-se ter sempre o cuidado prévio de verificar se a forma apresentada por estas células se deve ao lenho ser de compressão.

Além da sua forma temos ainda que considerar o seu tamanho que pode ser definido por três dimensões: comprimento (longitudinal), largura (tangencial) e espessura (radial); entre estas a de maior interesse é a largura ou diâmetro tangencial. Esta medida, como qualquer outra, para ser estabelecida com o grau de confiança necessário, deveria resultar de várias determinações em amostras diferentes para cada

espécie. De facto efectuámos esta medição mas dispensamo-nos de a apresentar por o material à nossa disposição ser bastante exíguo e portanto incapaz de poder fornecer dados de confiança.

Um outro aspecto a observar nos traqueídeos longitudinais é o da presença dos espaços intercelulares; normalmente este aspecto aparece juntamente com o da secção orbicular (Fig. 3). Entre as espécies que apresentaram traqueídeos de secção orbicular houve duas — *Pinus Clusiana* var. *corsicana* e *Juniperus virginiana* — em que se não verificou a existência de espaços intercelulares. As restantes que apresentavam os traqueídeos de secção orbicular também apresentavam espaços intercelulares com maior ou menor frequência.

A presença de espaços intercelulares é ainda uma característica do lenho de compressão.

Espessamento espiralado — Também designado por «espiralado terciário» (EAMES e MACDANIELS, 1947); é um aspecto bem visível em secções longitudinais (Fig. 4).

Só duas espécies — entre as estudadas — o exibiam regularmente: *Taxus baccata* e *Pseudotsuga Menziesii*.

Na primeira espécie citada encontrámos este aspecto nos traqueídeos de toda a camada anual; na segunda encontra-se regularmente na zona de primavera, e ocasionalmente na de outono.

As espécies *Picea Abies* e *Larix decidua* são citadas como susceptíveis de apresentar traqueídeos com espiralado terciário; só o verificámos para o caso da *Picea Abies* e somente em alguns traqueídeos da zona de outono. É outra observação que necessita de alguma atenção, pois o lenho de compressão apresenta um aspecto um tanto similar; é o caso do fendilhamento espiralado (DADSWELL e WARDROP, 1949 — WARDROP DADSWELL, 1950) bem visível em qualquer das paredes dos traqueídeos do lenho de compressão.

Trabéculas e placas resinosas — São aspectos a focar nos traqueídeos, embora desprovidos de interesse em identificação. A sua presença é puramente casual e pode ser observada na secção radial.

As trabéculas quando presentes dispõem-se em traqueídeos consecutivos, formando como que fiadas transversais.

As placas resinosas, de ocorrência mais normal no cerne que no borne, são reservas acumuladas nos traqueídeos longitudinais ao nível dos raios; são bem observadas tanto na secção radial como na trans-

versal. Aos traqueídos que apresentam este aspecto dá-se-lhes o nome de *traqueídos resinosos* (Fig. 5).

Pontuações areoladas — Este tipo de pontuações tanto aparece nas paredes radiais como nas tangenciais dos traqueídos longitudinais; são de maior importância as que se verificam nas paredes radiais.

As paredes radiais dos traqueídos exibem sempre pontuações areoladas mais abundantes e maiores nos de primavera que nos de outono. Em qualquer dos casos apresentam-se sempre com *crássulas* delimitando o campo da pontuação primária.

Estas pontuações mostram uma certa sistematização longitudinal; enquanto que nuns casos — o mais geral — elas aparecem dispostas em fiadas simples (unisseriadas) noutros apresentam-se em duas ou mais fiadas longitudinais (multisseriadas).

BROWN limita a observação às primeiras fiadas de traqueídos da zona de primavera e estabelece três grupos: no primeiro as pontuações dispõem-se numa única fiada (unisseriadas) e só ocasionalmente poderão aparecer pares (menos de quatro pares consecutivos); no segundo ao lado das unisseriadas poderão aparecer pontuações bisseriadas (mais de quatro pares consecutivos); finalmente no terceiro considera a existência de pontuações tri ou tetrasseriadas (mais de quatro fiadas transversais consecutivas) conjuntamente com as uni e bisseriadas.

Segundo o critério de PHILLIPS que foi o adoptado estabelecemos dois grupos de amostras.

1) *Com pontuações multisseriadas-opostas*: neste grupo entraram todas as amostras que exibiam multisseriação (mais que unisseriadas) e de forma extensiva; este aspecto foi verificado nas espécies *Cedrus atlantica*, *Abies Pinsapo*, *Sequoia sempervirens* e *Taxodium distichum*. PHILLIPS, BROWN e outros citam outras espécies além das atrás apontadas como apresentando multisseriação-oposta: *Pseudotsuga Menziesii*, *Larix decidua* e *Thuja plicata*; supomos que o não termos encontrado nestas espécies casos de multisseriação, com a devida frequência para assim poderem ser classificadas, só pode ser devido ao facto das amostras provirem de árvores que não tinham ainda atingido a idade adulta.

2) *Com pontuações alternas*: é o pontuado característico das *Araucariaceae*; foi este o aspecto observado em todas as amostras de *Araucaria excelsa*; nesta espécie as pontuações apresentam-se dispostas em grupos distintos ocupando normalmente as extremidades dos traqueídos (Fig. 6).

Em amostras de *Cedrus atlantica* verificámos que as pontuações quando multisseriadas (normalmente bisseriadas) apresentavam certa tendência para a disposição alterna. Entretanto o aspecto verificado nesta espécie é bem diferente do apresentado pelas *Araucariaceae*, tanto mais que a multisseriação é reduzida pois não vai além da bisseriação.

Além disso enquanto as pontuações apresentadas pela *Cedrus atlantica* são de dimensões normais, e com crássulas, as da *Araucaria excelsa* são de dimensões reduzidas e não exibem crássulas como aliás é característico de tal tipo de pontuado.

Ainda outro aspecto que nas pontuações das paredes radiais dos traqueídeos longitudinais importa salientar é o dos toros dessas pontuações que se podem apresentar recortados nas margens. Este aspecto é característico do género *Cedrus* onde se exhibe regularmente (Fig. 8); foi também verificado na *Pinus Strobus* mas em número reduzido de casos.

As paredes tangenciais também podem apresentar pontuações areoladas; as características destas são nalguns pormenores bem diferentes das apresentadas nas paredes radiais; são sempre de tamanho inferior às das radiais, não apresentam crássulas e a sua distribuição não mostra qualquer sistematização. Estas pontuações apresentam-se na quase totalidade das Coníferas. Só não verificámos a sua presença em amostras de *Araucaria excelsa* e nas do género *Pinus* com excepção da *Pinus Strobus*.

O número destas pontuações é variável de espécie para espécie e localizam-se normalmente nas últimas fiadas dos traqueídeos de outono e raramente nos de primavera. A sua observação pode ser efectuada em qualquer das secções mas melhor na tangencial que, para este fim, deve ser a da zona de transição outono-primavera.

Traqueídeos em cadeia — Também designados por traqueídeos seriados ou segmentados; são um caso muito particular de traqueídeos cuja ocorrência se verifica em quase todas as Coníferas que apresentam canais de resina ou parênquima longitudinal. O seu aspecto é idêntico ao das células parenquimatosas, com a diferença de na sua parede aparecerem pontuações areoladas como é característico dos traqueídeos (Fig. 7). São considerados como que um elemento de transição entre os traqueídeos e as células parenquimatosas e tanto é assim que chegam a fazer parte dalgumas séries parenquimatosas. De resto a sua normal ocorrência é precisamente ao lado destas células e principalmente das do parênquima epitelial longitudinal.

Parênquima lenhoso longitudinal

O tecido parenquimatoso apresenta-se com duas disposições distintas: *longitudinal* ou axial e *radial* ou horizontal. Quando disposto no sentido longitudinal toma a designação de *parênquima lenhoso longitudinal* ou só *parênquima longitudinal* e quando no sentido radial a de *parênquima lenhoso radial* ou só *parênquima radial*. Desde que se verifique a presença de canais de resina, o tecido parenquimatoso que os forra toma a designação de *parênquima epitelial* que será longitudinal ou radial consoante a direcção que os canais apresentem.

Parênquima longitudinal — Esta designação aplica-se a todo o tecido parenquimatoso que sendo independente dos canais de resina (*parênquima epitelial longitudinal*) se dispõe longitudinalmente.

Normalmente as células do *parênquima longitudinal* apresentam-se na quase totalidade dos casos dispostas em cadeias ou séries. O formato das células é mais ou menos prismático e de secção transversal idêntica à dos traqueídeos que as rodeiam. Raramente a inicial do câmbio deixa de sofrer subdivisões e a célula parenquimatosa que dela deriva apresenta o mesmo formato; daí dar-se-lhe a designação de: *célula fusiforme do parênquima longitudinal*.

A espessura da parede celular é variável mas normalmente sempre inferior à apresentada pelos traqueídeos. A parede celular pode mostrar-se constituída por uma só membrana (membrana primária) ou por duas membranas (membrana primária e secundária). A distinção entre estes dois tipos de células parenquimatosas é relativamente fácil de estabelecer quando a observação dos respectivos cortes (transversais) se efectua entre polarizadores cruzados.

No caso das células parenquimatosas em cadeia ou em série, que é o caso mais geral, há ainda que notar o aspecto das suas paredes transversais. Estas podem apresentar ou não *espessamentos* dos tipos noduloso ou granuloide em número e de dimensões variáveis; a melhor observação destes espessamentos é a feita no corte tangencial. Se a parede celular apresentar membrana secundária, estes espessamentos resultam da existência de pontuações do tipo simples (Fig. 10); se não existir membrana secundária os nódulos são simples espessamentos da membrana primária.

O *parênquima longitudinal* é facilmente assinalável no corte transversal e toma várias designações conforme a disposição apresentada nesta secção. Se se limita exclusivamente à última fiada tangencial de células da zona de outono (linha de transição outono-primavera), e só

neste caso, dá-se-lhe o nome de *parênquima terminal*. Quando se distribui por toda a camada anual toma o nome de *parênquima metatraqueal*. Esta designação de metatraqueal implica normalmente que ele seja abundante e se disponha mais ou menos em fiadas ou faixas tangenciais (Fig. 9). Casos há entretanto em que ele, embora se distribua por toda a camada anual, não apresenta qualquer sistematização tangencial, antes pelo contrário as células encontram-se irregularmente dispersas; neste caso dá-se-lhe o nome de *metatraqueal-difuso* ou só de *difuso* ou *disperso*.

O *parênquima longitudinal* é normalmente presente nas *Taxodiaceae* e *Cupressaceae*; nas *Abietoideae* é irregularmente presente com excepção do género *Picea* em que por via de regra falta. Diz-se que o *parênquima longitudinal* é irregularmente presente quando nem todas as camadas anuais duma determinada amostra o exibem, podendo mesmo acontecer observarem-se amostras que não acusem a presença deste tecido, como é o caso dalgumas espécies dos géneros *Cedrus* e *Abies*.

Nas *Abietoideae*, quando presente, é do tipo *terminal* e nunca é abundante. Nas *Taxodiaceae* e *Cupressaceae* é do tipo *metatraqueal* e podendo apresentar-se de raro a abundante, mas mais normalmente deste último aspecto.

O tipo *metatraqueal-difuso* ou só *difuso* verifica-se num número reduzido de espécies: *Sequoia sempervirens*, *Taxodium distichum* e *Thuja plicata*.

As *paredes transversais* apresentam-se *nodulosas* regular ou irregularmente em todas as amostras estudadas, com excepção de uma de *Cupressus lusitanica*. PHILLIPS no seu trabalho apresenta a *Cupressus lusitanica* como não tendo paredes transversais nodulosas. Os nódulos variam de distinção de espécie para espécie e mesmo dentro da mesma espécie. Entretanto podemos afirmar que quando os nódulos são normalmente presentes, como é o caso das *Abietoideae* e dos géneros *Taxodium*, *Libocedrus* e *Thuja*, também são normalmente distintos. E do mesmo modo se pode também dizer que, quando são irregularmente presentes, como é o caso dos géneros *Sequoia*, *Cryptomeria*, *Cupressus*, *Chamaecyparis* e *Juniperus* eles são pouco distintos.

Canais de resina

Os canais de resina não são propriamente elementos histológicos mas sim espaços intercelulares de forma tubular e de natureza esquizogénea; a parede que os envolve e os delimita é constituída por uma ou

mais camadas de células parenquimatosas que, no conjunto, tomam a designação de epitélio ou parênquima epitelial ou ainda no caso concreto que estamos tratando — Coníferas — parênquima resinífero. Portanto o elemento histológico verdadeiro será evidentemente o tecido que envolve estes canais.

Os canais de resina, quanto à disposição, podem ser verticais ou *longitudinais* e horizontais, radiais ou *transversais*. No primeiro caso eles apresentam-se distribuídos — mas isoladamente — pela camada anual com uma orientação idêntica à dos traqueídeos longitudinais; no segundo caso apresentam-se orientados no sentido transversal e integrados em raios, impondo-lhes uma forma bem característica (raios fusiformes).

Os canais, quanto à origem, podem ser *normais* e *traumáticos*; a distinção entre eles é diferente conforme são longitudinais ou transversais.

Os canais longitudinais de origem normal apresentam-se, como já dissemos, mais ou menos regularmente na camada anual mais junto da zona de outono ou só nesta, normalmente isolados e raramente juntos. Estes mesmos canais, quando de origem traumática, apresentam-se sempre juntos e dispostos em fiadas tangenciais limitadas que normalmente se localizam na zona de primavera (Fig. 13).

Quanto aos canais transversais, a maior diferença entre os de origem normal e os de origem traumática está nas suas dimensões que são sempre maiores nestes que naqueles (Fig. 16).

Para nos apercebermos da frequência com que ocorrem na camada anual os canais longitudinais estabeleceu-se a área-padrão de um milímetro quadrado. Geralmente os canais longitudinais apresentam-se em número pouco variável — entre zero e dois, podendo ir até 4 e excepcionalmente a 6.

Uma outra determinação que se deve efectuar é a do seu diâmetro (englobando as células epiteliais). O diâmetro dos canais longitudinais é o tangencial e o dos canais transversais o horizontal.

Estas medidas, como quaisquer outras, não podem ser estabelecidas convenientemente a partir de uma só amostra de cada um dos indivíduos estudados. Como era este o nosso caso resolvemos prescindir dos valores que determinámos.

As células epiteliais são de dois tipos facilmente distinguíveis pela espessura da sua parede. As de paredes finas e as de paredes espessas; estas últimas, além de terem a parede espessa, apresentam-na abundantemente pontuada. Estes dois tipos de células epiteliais definem simul-

tâneamente dois tipos de canais: *canais de células epiteliais de paredes espessas* (Figs. 11 e 15) e *canais de células epiteliais de paredes finas* (Figs. 12 e 14).

O número de células epiteliais por canal é também um dado de interesse. É uma determinação somente a efectuar nos canais de células epiteliais de paredes espessas porquanto nos outros verifica-se frequentemente a destruição das células epiteliais, dada a sua fragilidade.

Na arrumação dos dados que os canais de resina são susceptíveis de fornecer seguimos o critério de PHILLIPS.

Canais de resina longitudinais de origem normal: são quatro os géneros que apresentam esta característica: *Pseudotsuga*, *Picea*, *Larix* e *Pinus*.

Canais de resina longitudinais e transversais de origem traumática: do tipo longitudinal encontrámo-los nas seguintes espécies: *Cedrus atlantica*, *Sequoia Wellingtonia*, *Taxodium distichum*, *Juniperus Oxycedrus* ssp. *macrocarpa* e *Pinus canariensis*; do tipo transversal só os encontramos na *Cedrus atlantica* (Fig. 16) e na *Pinus canariensis*. Estes canais distinguem-se bem dos de origem normal, não só pelas suas maiores dimensões, como também pelo maior número de células epiteliais; além disso os raios onde eles se encontram integrados são bastante mais largos que os normais. Deve-se dizer que é natural poderem existir simultâneamente com estes canais outros, embora da mesma origem, mas que se apresentam como os normais e portanto indistintos destes.

Canais de resina transversais de origem normal ou traumática: engloba-se aqui o caso dos canais de resina de origem traumática porque, como já atrás lembrámos, pode haver canais deste tipo que não se distingam dos normais.

Estes tipos de canais encontrámo-los precisamente nos mesmos géneros que os apresentaram de origem normal — *Pseudotsuga*, *Picea*, *Larix* e *Pinus*.

As espécies *Sequoia Wellingtonia*, *Taxodium distichum*, e *Juniperus Oxycedrus* ssp. *macrocarpa* não mostraram canais transversais de origem traumática, nem do tipo característico nem do semelhante ao dos normais.

Canais de resina com células epiteliais de paredes espessas: foram observados nas espécies *Pseudotsuga Menziesii*, *Picea Abies* e *Larix decidua* (Figs. 11 e 15). A presença de células epiteliais de paredes espessas verifica-se a par da de paredes finas — estas as verdadeiras células secretoras — que entretanto apresentam-se em número bastante restrito.

Número de células epiteliais por canal: é uma determinação que interessa na prática às espécies com canais de células epiteliais de paredes espessas e deve ser efectuada na secção tangencial, dizendo portanto unicamente respeito aos canais transversais; interessaria também ao tipo de canais de células epiteliais de paredes finas mas, devido à fragilidade destas células, dá-se com frequência a sua destruição durante a operação de corte.

Na *Pseudotsuga Menziesii* encontrámo-las em número não superior a 6; nas duas restantes espécies apresentam-se normalmente em número superior a 6, que para o caso do *Larix* pode ir até 12 — só observámos o máximo de 8.

Raios lenhosos

Seriação — No lenho das coníferas encontramos normalmente dois tipos de raios: *unisseriados* e *fusiformes*; embora não frequentemente podemos ainda encontrar um outro tipo o *bisseriado* (em parte ou completamente) (Figs. 14 e 17).

Os raios unisseriados mostram certa tendência para a sua bisseriação (parcial ou total). Geralmente esta bisseriação limita-se ao aparecimento de um a dois pares de fiadas radiais, bem assinaláveis quando os raios são observados na secção tangencial. O número de raios bisseriados é normalmente restrito, como restrita é a própria bisseriação em cada um deles, como atrás se salientou. Idêntica restrição já não é observável no tocante ao número de géneros em que podemos verificar a existência de tal aspecto. Assim, em 16 géneros estudados encontrámos 12 que apresentavam raios deste tipo; BROWN encontrou-os em 11 géneros dos 15 estudados. Necessariamente esta generalização limita bastante o uso deste dado na identificação de madeiras. Ainda a limitar mais o seu uso temos o facto de a bisseriação ser devida nalguns casos a traumatismos. Entretanto, é conveniente assinalar a sua presença na respectiva descrição do lenho embora o façamos com as devidas limitações. De acordo com PHILLIPS, a bisseriação só é de considerar em raios de altura superior a cinco células. Do mesmo modo só é de registar a presença de raios bisseriados (em parte ou completamente) quando o seu número se apresente superior a um terço do dos raios observados (do mesmo modo maiores que cinco células em altura).

De acordo com o estabelecido registou-se a presença de raios bisseriados nalgumas amostras de *Araucaria excelsa*, *Cedrus atlantica*, *Sequoia sempervirens*, *Cupressus lusitanica*, *Cupressus sempervirens* for.

horizontalis e *Juniperus virginiana*. Nas espécies *Sequoia sempervirens*, e *Cupressus sempervirens* for. *horizontalis* encontrámos, além dos raios bisseriados em parte, grande número de raios completamente bisseriados e ainda alguns outros de seriação superior. O exagerado número de raios deste tipo e o aparecimento de raios trisseriados foi, sem dúvida, devido a traumatismos.

PHILLIPS cita as espécies *Sequoia sempervirens* e *Cupressus macrocarpa* como as únicas que apresentam raios completamente bisseriados. Portanto, para o caso da *Sequoia sempervirens* verifica-se haver uma forte tendência para a bisseriação total dos raios que é necessariamente exaltada sempre que se verifiquem traumatismos.

Quanto à seriação dos raios podemos encontrar nas Coníferas dois tipos distintos de lenho:

1) *lenho de raios unisseriados* ou de *raios unisseriados e bisseriados* (em parte ou completamente) (Fig. 17) e

2) *lenho de raios unisseriados e fusiformes*; neste último caso os raios unisseriados são sempre em número acentuadamente superior aos fusiformes (Fig. 14).

Ao grupo (2) pertencem os géneros da família das *Pinaceae* que normalmente apresentam canais de resina transversais. Evidentemente podemos encontrar ainda raios fusiformes em amostras dos restantes géneros. É o caso de existência de canais de resina transversais, mas de origem traumática, tal como os verificados numa amostra de *Cedrus atlantica*.

Noutras amostras que apresentavam canais de resina longitudinais de origem traumática (*Sequoia Wellingtonia*, *Taxodium distichum* e *Juniperus Oxycedrus* ssp. *macrocarpa*) não foram observados canais de resina transversais da mesma origem.

Medidas dos raios — São várias as medições ou contagens que se podem efectuar sobre os raios de modo a estabelecer valores-padrões. Estas medidas, como de resto todas as outras respeitantes a qualquer dos elementos do lenho, não podem oferecer grande confiança se não forem estabelecidas através de estudos pormenorizados que se estendam a todo o tronco. Por falta destes estudos, que demandam bastante material, é que as medidas relativas aos raios têm vindo a ter um uso cada vez mais restrito.

PICCIOLI (1919) que fez largo uso destas medidas adoptou duas que a seguir apontamos.

1) *Número de raios por cm.*: esta determinação efectua-se sobre

cortes tangenciais por permitirem várias contagens e portanto a dedução de um valor mais correcto.

Verificou este autor que o valor correspondente a esta determinação decresce do centro para a periferia do tronco; não diz qual a variação que ela sofre ao longo do tronco possivelmente por não se ter feito o seu estudo neste sentido. Os valores estabelecidos por PICCIOLI referem-se exclusivamente ao lenho de árvores adultas e dizem respeito a um único nível do tronco.

2) *Número de fiadas radiais de células sobrepostas (incluindo traqueídeos)*: é uma determinação que se efectua sobre cortes tangenciais e da qual se deduzem os valores máximo e o corrente ou mais seguido. Para maior rigor nesta determinação deverão os cortes ser suficientemente grandes, com o fim de aumentar o número de raios a observar. Dos dois valores deduzidos o de maior interesse e até mesmo o de maior confiança é, sem dúvida, o do valor corrente.

BROWN (1949) também usou algumas medidas tanto para fins de identificação como didácticos e que passamos a descrever.

1) *Valores máximo e mínimo da altura dos raios*: é uma determinação a efectuar sobre cortes tangenciais e dela se deduzem dois tipos de valores: valores *em células* (indicativas do número de fiadas radiais) e *em micra*; os primeiros dizem respeito exclusivamente aos raios unisseriados; os segundos aplicam-se separadamente aos raios unisseriados e aos fusiformes quando estes existirem.

A determinação de que BROWN fez maior uso é o da altura máxima em células.

A propósito destas determinações afirma o autor que elas serão substituídas vantajosamente pelas da altura média radial.

2) *Largura dos raios*: é uma determinação que tal como as anteriores se efectua sobre cortes tangenciais; a sua utilização é no entanto bastante restrita limitando-se tão somente a algumas das espécies de mais difícil distinção entre si.

Assim como as acções traumáticas provocam um acréscimo em altura nos raios, também provocam um acréscimo na sua largura. Deste modo esta determinação deverá ser tomada com as devidas cautelas e de modo a não se ser conduzido à dedução de valores menos correctos.

3) *Volume dos raios*: é uma determinação francamente didáctica a efectuar sobre microfotografias de secções tangenciais. Primeiramente determina-se a área ou o peso da microfotografia. Seguidamente determina-se a área ocupada pelos raios nessa microfotografia com a ajuda dum planímetro; também se podem recortar as imagens desses raios e

pesá-las. Por uma simples proporção determina-se o valor do volume dos raios como percentagem do volume total do lenho. É uma determinação grosseira mas evidentemente útil para se ter uma ideia do volume ocupado pelos raios ou qualquer outro elemento histológico do lenho.

PHILLIPS prescinde totalmente dos dados biométricos para optar exclusivamente por caracteres morfológicos. Para este autor o problema é diferente dos outros, como o é deste que estamos tentando resolver. Tanto PICCIOLI como BROWN limitaram-se a estudar as madeiras dos seus países. PHILLIPS engloba no seu trabalho material lenhoso proveniente das várias regiões do Globo e daí a sua dificuldade em poder jogar com dados biométricos específicos de confiança. Este autor, entretanto, sugere duas determinações, ambas a efectuar em cortes tangenciais e que certamente podem vir a ser úteis.

1) *Raios frequentemente maiores que 30 células*: este aspecto é de registar em todas as espécies que exibam mais que um raio de altura superior a 30 células por milímetro (em largura) da secção tangencial; o mesmo é dizer que estes raios se devem apresentar com um espaçamento lateral inferior a um milímetro; os raios fusiformes são excluídos nesta determinação.

2) *Raios raramente maiores que 15 células*: nesta determinação deve-se observar se os raios de altura superior a 15 células se apresentam com um espaçamento lateral superior a um milímetro.

Neste trabalho limitámo-nos a determinar a altura máxima e mínima tanto em células como em micra (PICCIOLI, BROWN) e ainda efectuámos as determinações propostas por PHILLIPS. Ensaiámos a determinação da *altura média dos raios* (BROWN) e a da *densidade dos raios*. Quaisquer dos valores deduzidos não são de confiança, porquanto foram determinados em amostras de lenho provenientes cada uma delas duma zona restrita do tronco. Desconhece-se portanto a variação que qualquer das medidas em estudo possa sofrer ao longo do tronco, tanto no sentido radial como no longitudinal.

Densidade dos raios: não mostram os raios lenhosos das Coníferas qualquer arranjo característico, tanto na sua distribuição transversal como na longitudinal, que possa ser traduzível por valores constantes. Este facto não tem impedido que alguns autores tenham utilizado este aspecto e o tenham procurado definir por valores que utilizaram com confiança em trabalhos de identificação de madeiras. PICCIOLI, depois de ter verificado a variabilidade na distribuição dos raios no sentido radial, estabeleceu que a zona do borne dos troncos de árvores que

tinham atingido a sua condição adulta era susceptível de fornecer dados de suficiente confiança. A determinação usada por este autor foi a de número de raios por centímetro.

Para substituir esta determinação que exige cortes bastantes largos ensaiámos uma outra que designámos por *densidade dos raios* e que nos pareceu de maior utilidade em identificação. Esta determinação efectua-se sobre cortes tangenciais e a unidade de área que em princípio se estabeleceu foi o milímetro quadrado; também se estabeleceu que o valor a deduzir para cada amostra fosse a média de cinco determinações, o que corresponde a amostrar cerca de 5 % da área do corte em observação. É possível que estudos posteriores venham a alterar não só a área (1mm^2) como o número de medições a efectuar.

Num estudo prévio que realizámos sobre uma rodela de um tronco adulto de *Cupressus lusitanica* verificámos que a densidade diminuía da medula para a periferia, mas não de uma maneira regular. Várias causas podem influenciar esta variação que supomos ser regular apenas quando o tronco apresente um crescimento em diâmetro perfeitamente regular e que não tenha sofrido traumatismos.

Primeiramente há que estabelecer as bases em que deve assentar esta determinação. Ela efectuar-se-á certamente em espécies de difícil distinção entre si. Os valores limites da variação exibida em cada espécie devem ser deduzidos estatisticamente de dados colhidos (nos sentidos longitudinal e radial) em troncos de árvores adultas.

Altura média dos raios: é uma determinação sugerida por BROWN que crê ser de maior confiança quando convenientemente estabelecida.

O valor referente a esta determinação pode ser expresso tanto em células como em micra. A medição recai sobre a totalidade de raios existentes na área de um milímetro quadrado, observada sob uma ampliação de 150; esta determinação é efectuada simultâneamente com a da densidade. O valor final é igualmente o da média de cinco determinações.

A altura média, tal como a densidade, varia no sentido radial mas ao contrário desta, cresce da medula para a periferia. Entretanto, o grau de dependência entre estas duas variáveis é reduzido o que não permite a eliminação de uma delas.

A variação do valor da altura média pode sofrer alterações tais como as já verificadas com a densidade. Como atrás vimos, dos traumatismos resulta, por um lado, o aumento em altura nos raios que é assinalável quando se determina o valor da altura máxima e, por outro, um aumento também mas no número deles. Daqui resulta que, se a al-

tura máxima aumenta, a altura média pode diminuir de valor devido à existência de raios baixos em maior quantidade. Todas as causas que alterem a densidade dos raios também alterarão necessariamente a altura média.

Esta medida tal como a da densidade só poderá ser devidamente estabelecida depois de estudo laborioso abrangendo todo o troço útil do tronco de árvores adultas. Os dados a colher nestes estudos deverão sofrer tratamento estatístico adequado de modo a definir, com a necessária confiança, os valores dos limites da variação em cada espécie.

Composição — Os raios apresentam dois tipos distintos de células: traqueídeos radiais e células parenquimatosas (Fig. 14).

Os raios quanto à sua composição tomam usualmente as designações de *homogêneos* (Fig. 17) e *heterogêneos* (Fig. 15).

Os raios dizem-se homogêneos quando se apresentam constituídos por um único tipo de células, sejam elas prosenquimatosas ou parenquimatosas. Normalmente esta homogeneidade de composição encontra-se em madeiras desprovidas de canais de resina, excluídos evidentemente os raios de baixa altura.

A homogeneidade radial é na quase totalidade dos casos verificada em raios constituídos por células parenquimatosas (Fig. 17).

Os raios designam-se de heterogêneos quando na sua composição entram simultaneamente os dois tipos de células — parenquimatosas e prosenquimatosas. Normalmente nesta heterogeneidade têm dominância as células parenquimatosas. É o tipo mais comum nas madeiras que apresentam canais de resina normais.

Evidentemente a classificação da homogeneidade ou heterogeneidade é de aplicar aos raios e não às amostras do lenho.

Traqueídeos radiais — PHILLIPS classifica as amostras de lenho quanto à sua composição de modo um tanto diferente. Este autor divide as amostras do lenho em dois grupos conforme os traqueídeos se apresentam regularmente ou não.

Traqueídeos radiais regularmente presentes: é uma determinação a efectuar sobre cortes tangenciais; a observação de cortes radiais servirá unicamente para confirmar a determinação já efectuada sobre os tangenciais.

Se normalmente é fácil a identificação dos traqueídeos, casos há em que se torna difícil, principalmente quando estas células se apresentam com dimensões muito reduzidas (Fig. 15); a dificuldade na sua observação verifica-se tanto quando os observamos no corte tangencial

como no radial. Salvo o caso das *Abietoideae* a identificação é bastante facilitada quando observamos o corte entre polarizadores cruzados; desta maneira só se continuam a ver as paredes celulares dos traqueídeos radiais deixando-se de ver as das células parenquimatosas. De resto esta maior dificuldade de identificação dos traqueídeos em questão verifica-se geralmente em amostras em que eles se apresentam irregularmente; no nosso estudo só encontrámos essa dificuldade numa amostra de *Cedrus atlantica*.

Estes traqueídeos são regularmente verificáveis em todas as madeiras que apresentam canais de resina de origem normal, portanto em quase todos os géneros das *Pinaceae*. Nos restantes géneros das *Pinaceae* eles podem aparecer mas com irregularidade. Para o caso do género *Abies* afirma PHILLIPS que eles podem aparecer ocasionalmente como resultado de traumatismos. Diz ainda o mesmo autor que eles são normalmente presentes numa espécie do género *Chamaecyparis* e podem ocasionalmente ser presentes nalgumas espécies das *Cupressaceae* assim como no género *Sequoia*.

Localização: os traqueídeos radiais quando presentes podem ocupar duas posições distintas, a *marginal* e a *intercalar* (Fig. 14). Eles tomam a designação indicativa da posição que ocupam no raio e assim designam-se por traqueídeos marginais, quando se encontram nos bordos ou margens dos raios e por traqueídeos intercalares, quando se dispõem no troço médio destes; em qualquer dos casos eles podem estar representados por uma ou mais fiadas; a posição mais comumente ocupada por estas células é a marginal.

Nas *Abietoideae* os traqueídeos quando presentes (regular ou irregularmente) — *Cedrus atlantica*, *Pseudotsuga Menziesii*, *Picea Abies* e *Larix decidua* — a posição por eles ocupada ou é dominante ou exclusivamente marginal; no caso da *Picea Abies* encontram-se unicamente na posição marginal.

Nas *Pinoideae* encontrámos destes traqueídeos regularmente presentes, e em abundância, traduzida por um elevado número de fiadas ocupando tanto a posição marginal como a intercalar, e isto não só nos raios unisseriados como nos fusiformes. Nesta sub-família a distinção entre os traqueídeos e as células parenquimatosas é bastante nítida; na *Pinus Strobus* os traqueídeos apresentaram-se predominantemente marginais e num número bastante reduzido de fiadas.

Membrana secundária: os dados a colher sobre a forma como se apresenta a membrana secundária dos traqueídeos radiais devem provir da observação da secção radial e de preferência em zonas de outono.

Na membrana secundária interessa-nos fundamentalmente o relevo por ela exibido que provem da forma como se realiza o seu espessamento. De facto a membrana secundária pode apresentar-se de *lisa* a *denticulada*. Diz-se *lisa* quando se apresenta regularmente espessa e *denticulada* quando irregularmente espessa.

O aspecto da membrana secundária *lisa*, isto é, sem espessamento *denticulado* verifica-se normalmente nas seguintes espécies: *Cedrus atlantica*, *Pseudotsuga Menziesii*, *Larix decidua* e *Pinus Strobus*.

Afora as espécies atrás citadas, em todas as outras a membrana secundária dos traqueídeos apresenta-se irregularmente espessa. Esta irregularidade pode ir de um leve ondeado a um *denticulado concrescente*.

Denticulado pouco distinto (ondeado) é o aspecto característico das seguintes espécies: *Picea Abies*, *Pinus canariensis*, *P. halepensis* e *P. Pinea*. PHILLIPS, citando o género *Larix*, diz que pode também apresentar a membrana secundária com espessamento *denticulado*, mas só ocasionalmente.

Denticulado bem distinto foi observado em amostras de *Pinus Pinaster* e *Pinus Clusiana* var. *corsicana*. Na *Pinus silvestris* e na *Pinus radiata* encontrámos um tipo de *denticulado* muito característico nestas espécies a que se deu a designação de *denticulado concrescente* (Fig. 20); esta designação deriva do facto de os dentículos provenientes de paredes opostas unirem-se pelas extremidades. Este aspecto é ainda bem visível na obsercação da secção tangencial; o lume das células apresenta um desenho reticulado que lhe é dado pela união dos dentículos de paredes opostas.

Parênquima radial — As células parenquimatosas dos raios fornecem inúmeros elementos de identificação.

A forma sob que se apresentam em secção tangencial, a constituição e espessura das suas paredes, o pontuado que exibem e ainda outros pormenores, são elementos de grande interesse a utilizar em trabalhos de identificação. A principal observação recai sobre a secção radial servindo, regra geral, as outras secções para confirmação dos dados colhidos na primeira. O estudo do campo de cruzamento poderia ser englobada no deste parênquima mas, dada a sua importância, será tratado em separado.

Forma e dimensões das células: o formato mais geral destas células é sem dúvida o prismático; na secção radial apresentam-se de forma mais ou menos próxima da rectangular. Normalmente exibem uniformidade nesta secção, mas casos há em que nas fiadas marginais se apre-

sentam de forma diferente, principalmente devido a variações na altura. Por isso a forma geral que deverá servir para identificação será a exibida na faixa média em raios de altura média (em células) ou superior; os raios formados por poucas fiadas apresentam, em regra, células de altura diferente do normal tal como as das fiadas marginais de alguns raios.

Se a forma das células na secção radial tem menos interesse o mesmo já não sucede com aquela por elas exibida na secção tangencial. Como a forma das células pode variar um tanto conforme a sua localização na camada anual, a sua observação deve ser feita sempre na mesma zona, de preferência a da primavera (PHILLIPS); deste modo os dados colhidos já são comparáveis.

As diferentes formas como se apresentam as células do parênquima radial podem reduzir-se aos três tipos seguintes: *orbicular*, *oval* e *oblonga*.

A forma orbicular que também pode ser designada por isodiamétrica é característica das seguintes espécies: *Araucaria excelsa*, *Taxodium distichum* e *Libocedrus decurrens*. No género *Cedrus* e ainda nas espécies *Pinus canariensis*, *P. Pinea*, *Cupressus lusitanica*, *C. macrocarpa* e *Sequoia sempervirens* encontrámos também a forma orbicular mas com tendência para oval, sendo a primeira a dominante.

A forma oval é assinalável em: *Pseudotsuga Menziesii*, *Chamaecyparis funebris*, *C. Lawsoniana* e *Thuja orientalis*.

A forma oval pode aparecer conjuntamente com qualquer das outras e dominando ou não. Quando conjuntamente com a orbicular mas dominando aquela foi encontrada em: *Pinus halepensis*, *P. radiata* e *Juniperus virginiana*. Quando conjuntamente com a oblonga e continuando ainda a dominar a primeira foi observado nas espécies *Abies Pinsapo* e *Pinus Pinaster*; ainda encontrámos este mesmo aspecto, mas não tão vincado, na *Sequoia Wellingtonia* e na *Juniperus Oxycedrus* ssp. *macrocarpa*.

A forma oblonga que é própria de raios estreitos — finos — encontra-se nas seguintes espécies: *Taxus baccata*, *Picea Abies*, *Larix decidua*, *Pinus Strobus*, *Cryptomeria japonica* e *Thuja plicata*. Na *Pinus Clusiana* var. *corsicana* e na *Pinus silvestris* observa-se a existência da forma oval conjuntamente com a oblonga e dominando esta. A *Cupressus sempervirens* for. *horizontalis* apresenta, pode-se dizer, todos os tipos, embora com certa dominância da oblonga.

Quanto às dimensões das células radiais, quando observadas em corte tangencial, verifica-se que na maioria das vezes elas se apresentam

regulares, salvo evidentemente as variações que normalmente se observam nas células das fiadas marginais ou nas de raios baixos. A irregularidade nas dimensões das células radiais, na secção tangencial, é um dado de menor interesse em identificação mas sempre que possível deve fazer parte da respectiva descrição. Esta determinação, tal como a da forma, deve ser sempre efectuada numa mesma zona da camada anual; a zona escolhida será, como já foi para a determinação anterior, a da zona de primavera.

PHILLIPS considera estes dados como secundários e só de interesse na fase final da identificação e, portanto, quando em casos duvidosos eles possam esclarece-la. Diz ainda, e nós próprios o verificámos, que o formato das células radiais é influenciado tanto pelas suas dimensões como pela espessura exibida pelas suas paredes.

Parede transversal: primeiramente importa verificar se a parede das células do parênquima radial apresenta ou não membrana secundária; esta verificação efectua-se da mesma forma que para as células do parênquima longitudinal, isto é, observando as células entre polarizadores cruzados.

As espécies cujas células parenquimatosas exibem membrana secundária são as que já a exibiam no caso do parênquima longitudinal — *Abietoideae* (BAILEY and FAUL, 1934); a melhor observação da constituição da parede celular é a efectuada na secção tangencial.

A *parede transversal* quanto à sua espessura pode ser *fin*a ou *espessa*; a observação desta característica deve ser efectuada sobre secções radiais e em zonas de primavera. Considera-se *fin*a quando ela se apresenta mais *fin*a que as paredes dos traqueídeos longitudinais que lhe estão subjacentes; algumas vezes as reservas existentes nas células parenquimatosas apresentam-se alinhadas junto das paredes, confundindo-se com estas. Paredes transversais *fin*as encontram-se nas espécies seguintes: *Araucaria excelsa*, *Pinus canariensis*, *P. Pinaster*, *P. Clusiana* var. *corsicana*, *P. silvestris*, *P. radiata*, *Cupressus macrocarpa*, *Juniperus Oxycedrus* ssp. *macrocarpa* e *Juniperus virginiana*. Nas restantes espécies observam-se paredes espessas.

Além da espessura da parede celular temos ainda que considerar o pontuado, verdadeiro ou não, por vezes exibido pelas células parenquimatosas dos raios.

Pontuado verdadeiro só se verifica nas *Abietoideae*, porque só as espécies desta sub-família apresentam a parede celular constituída por dupla membrana.

A observação do pontuado nas paredes transversais das células

do parênquima radial efectua-se em boas condições, tanto no corte transversal como no radial, em qualquer dos casos sempre em zonas de outono, onde elas se destacam melhor.

As *paredes transversais* podem-se apresentar *pontuadas*, ou não, e quando puntuadas podem ainda ser *bem puntuadas* (Fig. 18) ou não.

As espécies estudadas cujas paredes transversais das células parenquimatosas radiais não apresentaram pontuações foram as seguintes: *Araucaria excelsa*, *Pinus Clusiana* var. *corsicana*, *P. silvestris*, *P. radiata*, *Cryptomeria japonica*, *Cupressus lusitanica*, *C. macrocarpa*, *Chamaecyparis funebris*, *C. Lawsoniana* e ainda nos géneros *Thuja* e *Juniperus*; nas espécies *Pinus Pinaster*, *Sequoia sempervirens* e *Libocedrus decurrens* podem por vezes aparecer pontuações mas quando presentes são sempre em número reduzido.

As pontuações são sempre presentes e abundantes nas espécies da sub-família das *Abietoideae* e ainda na *Pinus Pinea*. Nas restantes espécies elas são também presentes mas não se podendo considerar as paredes como bem puntuadas.

Finalmente temos ainda outro pormenor a destacar na observação das paredes transversais e que são os *entalhes* que estas por vezes podem exhibir. Os entalhes são depressões que se podem verificar aos cantos das células parenquimatosas quando observadas sobre a secção radial; a sua observação nem sempre é fácil e requiere grande atenção. Estes entalhes apareceram regularmente nas seguintes espécies: *Taxus baccata*, *Pseudotsuga Menziesii*, *Picea Abies*, *Larix decidua*, *Cupressus sempervirens* for. *horizontalis*, *Libocedrus decurrens*, *Juniperus Oxycedrus* ssp. *macrocarpa* e *Juniperus virginiana*. Irregularmente presentes encontramos nestas outras espécies: *Abies Pinsapo*, *Pinus Pinaster*, *Cryptomeria japonica*, *Cupressus lusitanica* e *Chamaecyparis Lawsoniana*.

Parede longitudinal (tangencial): nas paredes longitudinais há que observar a sua espessura e a presença ou ausência de espessamentos nodulosos idênticos àqueles que se podem observar nas paredes transversais das células do parênquima longitudinal.

A observação da espessura das paredes longitudinais é de reduzido interesse, tanto pela dificuldade de se poder estabelecer um critério seguro da sua classificação, como por este aspecto andar ligado ao aspecto similar que é observável nas paredes transversais. O termo de comparação continua sendo a parede tangencial dos traqueídeos longitudinais que lhes ficam subjacentes; esta observação deve ser efectuada tanto em zonas de primavera como nas de outono.

As paredes longitudinais apresentam-se distintamente nodulosas nas

espécies da sub-família das *Abietoideae* e ainda na *Libocedrus decurrens* (Fig. 18); apresentam-se também, mas não regularmente, nas espécies: *Pinus Strobus*, *P. halepensis*, *P. Pinea* e *Juniperus Oxycedrus* ssp. *macrocarpa*.

Campo de cruzamento — O campo de cruzamento ou campo de cruzamento radial ou ainda cruzamento radial é a superfície como que rectangular demarcada, em cada um dos cruzamentos de traqueídos longitudinais com células dos raios, pelas paredes tangenciais daqueles e transversais destas.

A importância que é dada à observação do campo de cruzamento reside nas pontuações de vários tipos que neles se exibem quando o cruzamento se verifica entre traqueídos longitudinais e células parenquimatosas radiais.

As pontuações apresentadas nos campos de cruzamento das *Abietoideae* são pontuações-pares, semi-areoladas, ao passo que nas restantes espécies (entre as estudadas) elas são simples pontuações semi-areoladas. Desde que as células parenquimatosas destas espécies não apresentem paredes com membrana secundária não se podem aí formar verdadeiras pontuações e portanto não podem haver pontuações-pares; a única verdadeira pontuação formada nestes campos de cruzamento é a da parede do traqueído.

A observação destas pontuações deve ser feita em secções radiais que de preferência devem apresentar unicamente corada a membrana primária das células; a observação deve incidir somente sobre a faixa média dos raios altos e em zonas de primavera.

O dado mais importante a colher na observação de campos de cruzamento é o tipo de pontuações que aí se apresentam. Outros elementos se podem colher mas são de menor interesse, tais como a forma e a grandeza mais geral com que as pontuações se apresentam, e do mesmo modo a variação do número de pontuações por campo; pode ainda ter interesse determinar o diâmetro maior das aberturas das pontuações e bem assim o da areola.

Tipos de pontuações: PHILLIPS (1941, 1948) estabeleceu cinco tipos distintos de pontuações do campo de cruzamento que têm sido geralmente adoptados.

O primeiro tipo que vamos considerar é o exibido nos campos de cruzamento das seguintes espécies: *Pinus Strobus*, *P. Clusiana* var. *corsicana* e *P. silvestris*. A designação mais corrente destas pontuações é a de «em janela» que pode ser substituída pela de *fenestriforme*.

Neste tipo só se verifica a formação de pontuações na parede do traqueído não havendo portanto pontuações-pares. A área da membrana da pontuação é sempre tão grande que, quando esta é única no campo observado, abrange a quase totalidade da superfície deste; a aréola da pontuação ou não se chega a formar ou se limita a um reduzido rebordo. O número de pontuações deste tipo por campo é geralmente de uma, podendo ir até duas mas raramente. A sua forma depende do número em que se encontram em cada campo, mas em qualquer dos casos tomam sempre uma forma que em conjunto se subordina à do campo.

Ainda no género *Pinus* encontrámos um outro tipo de pontuações a que se deu a designação de *pinóide* por ser o mais comum neste género. Estas pontuações divergem das anteriores principalmente pelas suas dimensões que neste caso são reduzidas; esta diminuição de tamanho trás como consequência um aumento do número que pode variar entre 1 e 6. A aréola por sua vez pode neste tipo tomar relativamente maiores dimensões, embora haja casos em que ela ou não existe ou se limita a um simples rebordo, tal como as do tipo anterior.

Como já dissemos, é o tipo mais comum nas espécies do género *Pinus* e na grande maioria dos casos o único; nas espécies *Pinus canariensis*, *P. halepensis* e *P. radiata* observa-se a presença de dois tipos de pontuações — *pinóide* e *taxodióide* (que adiante se descreverá) — dominando entretanto o tipo próprio do género a que elas pertencem.

As pontuações que se verificam nas espécies *Pseudotsuga Menziesii*, *Picea Abies* e *Larix decidua* pertencem a um terceiro tipo a que se deu a designação de *piceóide*. Estas pontuações são pontuações-pares, semi-areoladas, apresentando-se já com aréola bem definida e com uma abertura interna levemente exclusiva e marcadamente estreita. Este tipo de pontuações aparece por vezes associado ao das *taxodióides*; este caso só o verificámos na *Larix decidua*.

O pontuado mais característico das *Taxodioideae* é o a que PHILLIPS deu o nome de *taxodióide* (Fig. 19). Estas pontuações são caracterizadas por terem aberturas largas de forma de oval a circular, sempre inclusas e mais largas que a aréola. Este tipo de pontuações é característico nas espécies: *Sequoia Wellingtonia*, *Sequoia sempervirens* e *Cryptomeria japonica*; no *Taxodium distichum* também aparecem mas conjuntamente com as do tipo *cupressóide* e com predomínio destas. No género *Abies* aparecem também e como único tipo presente. No género *Cedrus* aparecem conjuntamente com as do tipo *cupressóide* e nalgumas espécies do género *Pinus* com as do tipo *pinóide*.

Como último tipo de pontuações do campo de cruzamento temos o *cupressóide*. Nestas pontuações a abertura é inclusa e mais estreita que a aréola. É o tipo de pontuações característico das *Cupressaceae* com excepção da *Thuja plicata* que exhibe simultâneamente, e com dominância, pontuações do tipo taxodióide.

Pontuações do tipo cupressóide aparecem ainda nas espécies: *Taxus baccata*, *Araucaria excelsa* e *Taxodium distichum*. Nesta última espécie elas aparecem associadas às taxodióides mas dominando aquelas; no género *Cedrus* aparecem igualmente associadas com as taxodióides, mas agora dominando estas.

No que diz respeito à forma apresentada pelas pontuações é de interesse registá-la na respectiva descrição sempre que ela se apresente como característica específica. Salvo as pontuações fenestriiformes e pinóides as dos outros tipos — taxodióide, piceóide e cupressóide — podem apresentar-se sob três formas: orbicular, oval e elíptica; as formas oval e elíptica são sem dúvida as mais frequentes.

As dimensões apresentadas pelas pontuações podem também ser um dado de interesse, mas quando encarado pela sua variabilidade dentro de cada espécie; não se verifica portanto, para a determinação deste dado, a necessidade de efectuar medições, mas tão sòmente de comparar dimensões para concluir se há ou não variabilidade.

As medições que se podem efectuar nestas pontuações e a que já atrás fizemos referência são o diâmetro maior da abertura da pontuação e o diâmetro areolar; estes dois diâmetros são cruzados.

Caracteres anatómicos a usar na identificação

Depois de termos passado em revista os caracteres anatómicos de interesse na descrição da estrutura microscópica do lenho das Coníferas, importa agora destacar aqueles que devem ser utilizados para o objectivo exclusivo da identificação e que se encontram no quadro geral que adiante apresentamos.

Os dados colhidos podem ser registados em fichas, tanto do tipo de fichas perfuradas, como nas do tipo universal. Nestas, os dados ficarão registados pelos números correspondentes a cada uma das determinações. Como as várias determinações podem ser entendidas tanto no sentido positivo, como no negativo, bastará neste último caso ou sublinhar o número respectivo ou encimá-lo por um traço.

Na enumeração que se segue, das várias determinações a efectuar

nas três secções em que o lenho é observado, indicamos não só a secção sobre a qual deve incidir a principal observação (letras maiúsculas) como as de recurso ou confirmativas (letras minúsculas):

X, x = secção transversal.

R, r = secção radial.

T, t = secção tangencial.

Anéis de crescimento

- 1 — Indistintos (X, r).
- 2 — Zona de outono bem distinta (X, r).
- 3 — Zona de outono frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células (X, r).
- 4 — Transição primavera-outono rápida (X, r).

Traqueídos longitudinais

- 5 — De secção orbicular (X).
- 6 — Espaços intercelulares presentes (X).
- 7 — Espessamento espiralado presente (R, T).
- 8 — Pontuações areoladas das paredes radiais: alternas (R).
- 9 — Pontuações areoladas das paredes radiais: multisseriadas-opostas (R).
- 10 — Pontuações areoladas das paredes radiais: toros de margens recortadas (R).

Parênquima longitudinal

- 11 — Presente (X, r, t).
- 12 — Metatraqueal (X).
- 13 — Metatraqueal-difuso (X).
- 14 — Paredes transversais nodulosas (T).

Canais de resina

- 15 — Longitudinais normais, presentes (X).
- 16 — Longitudinais ou transversais traumáticos presentes (X, I).
- 17 — Transversais, normais e traumáticos, presentes (T).
- 18 — Com células epiteliais de paredes espessas (X, T).

- 19 — Transversais de células epiteliais de paredes espessas: 5-6 células epiteliais por canal (T).
- 20 — Transversais de células epiteliais de paredes espessas: 7-12 células epiteliais por canal (T).

Raios lenhosos

- 21 — Bisseriados (em parte ou completamente) frequentes (T).
- 22 — Fusiformes (T).
- 23 — Maiores que 30 células em altura frequentes (T).
- 24 — Maiores que 15 células em altura raros (T).

Traqueídos radiais

- 25 — Regularmente presentes (R, t).
- 26 — Com membrana secundária lisa (R).
- 27 — Com membrana secundária distintamente denticulada (R).

Parênquima radial

- 28 — Secção tangencial orbicular (T).
- 29 — Secção tangencial oval (T).
- 30 — Secção tangencial oblonga (T).
- 31 — Paredes transversais finas (R).
- 32 — Paredes transversais com entalhes (R).
- 33 — Paredes transversais sem pontuações (R).
- 34 — Paredes transversais de pontuado abundante (R, x).
- 35 — Paredes longitudinais espessas (R).
- 36 — Paredes longitudinais nodulosas (R).

Campo de cruzamento — *tipo de pontuações*

- 37 — Fenestriforme (R).
- 38 — Pinóide (R).
- 39 — Piceóide (R).
- 40 — Taxodióide (R).
- 41 — Cupressóide (R).

QUADRO GERAL DOS DADOS A USAR NA IDENTIFICAÇÃO

$\oplus$ = ocorrência normal

$\ominus$ = ocorrência anormal ou não frequente

[illegible]

DESCRIÇÕES ANATÔMICAS DO LENHO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

Taxus baccata L. ssp. **baccata**

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono*: pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção orbicular; espaços intercelulares presentes; presença de espessamento espiralado em toda a camada anual; presença accidental de trabéculas. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes mas não abundantes na parede tangencial dos traqueídos das últimas fiadas da zona de outono.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 23 células e de 30 a 420 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Parênquima radial*: células de secção oblonga; paredes transversais espessas, com entalhes e com pontuações não abundantes; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 3 (geralmente 1-2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Gerez.

Araucaria excelsa (Lamb.) R. Br.

Anéis de crescimento — Indistintos. *Zona de outono*: pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: alternas na parede radial e normalmente dispostas nas extremidades dos traqueídos; ausência na parede tangencial.

Raios — Homogêneos, unisseriados e bisseriados em parte; estes podem ir de pouco a muito frequentes. *Altura*: raramente ultrapassando 15 células e 400 μ . *Parênquima radial*: células de secção orbicular; paredes transversais finas, e sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 12 dispostas em 1-4 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Tapada da Ajuda.

Cedrus Deodara (D. Don) G. Don

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono*: pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; os toros destas pontuações apresentam-se frequentemente recortados nas margens; presentes e pouco frequentes na parede tangencial e normalmente restritas à última fiada de traqueídos da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, não abundante, terminal e com paredes transversais distintamente nodulosas; parede celular com membrana secundária.

Raios — Homogêneos, predominantemente unisseriados e raramente bisseriados em parte. *Altura*: varia de 1 a 20 células e de 30 a 420 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Parênquima radial*: células de secção orbicular (dominante) e oval e com membrana secundária; paredes transversais espessas e com abundantes pontuações; paredes longitudinais espessas e distintamente nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações dos tipos taxodióide (dominante) e cupressóide, uniformes e de dimensões variáveis; o seu número varia de 1 a 3 (mais frequentemente 1-2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Gerez.

Cedrus atlantica (Endl.) Carr.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono*: distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição mais ou menos rápida da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: normalmente unisseriadas e raramente alternas na parede radial; os toros destas pontuações apresentam frequentemente as margens recortadas; presentes e pouco abundantes na parede tangencial; estas pontuações normalmente restringem-se à última fiada de traqueídos da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Quando presente é do tipo terminal e com paredes transversais nodulosas; apresenta-se com um número muito restrito de células; estas apresentam membrana secundária.

Parênquima epitelial longitudinal — Normalmente ausente; quando presente é de origem traumática e com células epiteliais de pa-

redes espessas. Os canais de resina desta origem dispõem-se caracteristicamente em fiadas tangenciais limitadas.

Raios — Normalmente homogêneos e excepcionalmente heterogêneos; encontramos os três tipos de raios: unisseriados, bisseriados em parte e fusiformes com canal de resina na parte central; os primeiros são dominantes, os bisseriados frequentes e os fusiformes raros. *Altura* (dos raios unisseriados e bisseriados): varia de 1 a 60 células e de 30 μ a mais de 1 mm.; raios maiores que 30 células frequentes. *Traqueídeos radiais* irregularmente presentes, predominantemente marginais e de membrana secundária lisa; estas células apresentam-se sempre de altura muito reduzida. *Parênquima radial*: células de secção orbicular (dominante) e oval e com membrana secundária; paredes transversais espessas e com abundantes pontuações; paredes longitudinais espessas e distintamente nodulosas. Algumas vezes aparecem células do parênquima cristalífero que na maioria dos casos são marginais. *Parênquima epitelial transversal*: quando presente de origem traumática. Os canais de resina encontram-se na parte central dos raios e imprimem a estes uma forma característica. *Campo de cruzamento*: pontuações dos tipos taxodióide (dominante) e cupressóide em número de 1 a 5 (geralmente 2-3) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Tapada da Ajuda.

Abies Pinsapo Boiss. ssp. **Pinsapo**

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídeos longitudinais — De secção poligonal, mais predominantemente quadrangular. *Pontuações areoladas*: unisseriadas e multisseriadas-opostas na parede radial; nalguns exemplares o tipo dominante é o unisseriado e noutros o multisseriado-oposto (bisseriado); presentes, abundantes e irregulares na parede tangencial dos traqueídeos da zona de outono e algumas vezes também nas primeiras fiadas dos de primavera.

Parênquima longitudinal — Normalmente ausente; quando presente, muito pouco abundante, do tipo estritamente terminal e com paredes transversais distintamente nodulosas; a parede celular apresenta membrana secundária.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 40 células e de 40 a 750 μ ; raios maiores que 30 células raros e maiores

que 15 frequentes. *Parênquima radial*: células de secção oval (dominante) e oblonga de dimensões regulares e com membrana secundária; paredes transversais espessas, com entalhes pouco frequentes e com abundantes pontuações; paredes longitudinais espessas e distintamente nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo taxodióide em número de 1 a 4 (dominantemente 2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Parque da Pena; Gerez.

Pseudotsuga Menziesii (Mirb.) Franco

[*Pseudotsuga Douglasii* (Lindl.) Carr.]

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* bem distinta e frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células. Transição rápida da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal; espessamento espiralado principalmente presente na zona de primavera; presença accidental de trabéculas. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes mas não abundantes na tangencial dos traqueídos da zona de outono. Traqueídos em cadeia presentes e abundantes junto dos canais de resina.

Parênquima longitudinal — Presente, não abundante, estritamente terminal e com paredes transversais distintamente nodulosas; a parede celular apresenta membrana secundária.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, de origem normal e formada por células epiteliais de paredes espessas normalmente em número superior a 6 por canal de resina. O número de canais de resina por mm² varia de 0 a 4.

Raios — Heterogêneos e dos tipos unisseriado (dominantes) e fusiforme (com um canal de resina na zona média). *Altura* (dos raios unisseriados): varia de 1 a 21 células e de 20 a 470 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Traqueídos radiais*: Regularmente presentes, com espessamento espiralado e de membrana secundária lisa; marginais (dominante) e no geral limitados a uma única fiada (por margem); estas células são de altura bastante reduzida em relação às do parênquima radial. *Parênquima radial* abundante e constituído por células de secção oval, de dimensões regulares e com membrana secundária; as paredes transversais apresentam-se espessas, com entalhes e com abundantes pontuações; as paredes longitudinais são mais ou menos espessas e dis-

tintamente nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo piceóide em número de 2 a 6 (mais geralmente 3) dispostas em 1-2 fiadas transversais. *Parênquima epitelial transversal*: presente, não abundante e de origem normal; os raios em que se encontram os canais de resina são em forma de losango bastante regular, com margens afiladas e na maioria dos casos bisseriados raramente trisseriados; as células epiteliais variam de 4 a 6, mais geralmente 5 por canal.

Proveniência das amostras: Gerez.

Picea Abies (L.) Karst.

[*Picea excelsa* (Lam.) Lk.]

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal; espessamento espiralado presente, por vezes, nos traqueídos da zona de outono. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial dos traqueídos da zona de outono.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes espessas em número superior a 6 por canal. O número de canais de resina por mm² varia de 0 a 4.

Raios — Heterogéneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina na parte média). *Altura* (dos raios unisseriados): varia de 1 a 19 células e de 20 a 360 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Traqueídos radiais*: regularmente presentes, pouco abundantes e marginais; a membrana secundária apresenta um denticulado pouco acentuado. *Parênquima radial*: células de secção nitidamente oblonga e com membrana secundária; paredes transversais espessas, com entalhes e abundantes pontuações; paredes longitudinais espessas e distintamente nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo piceóide em número de 1 a 6 (mais geralmente 2-4) dispostas em 1-2 fiadas transversais. *Parênquima epitelial transversal*: presente de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes espessas em número de 5 a 9, mais geralmente 6-7 por canal.

Proveniência das amostras: Gerez.

Larix decidua Mill.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* bem distinta e frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células. Transição rápida da zona de primavera para a de outono.

Traqueídeos longitudinais — De secção poligonal na zona de primavera e orbicular na zona de outono; espaços intercelulares presentes e abundantes na zona de outono. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial e normalmente restritas à última fiada de traqueídeos da zona de outono. Traqueídeos em cadeia presentes juntos aos canais de resina.

Parênquima longitudinal — Não regularmente presente; quando presente constituído por um número reduzido de células, estritamente terminal e de paredes transversais nodulosas; a parede celular apresenta membrana secundária.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes espessas em número superior a 6 por canal (mais frequentemente 7). O número de canais de resina por mm² varia de 0 a 5.

Raios — Heterogêneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina na zona central). *Altura* (dos raios unisseriados): varia de 1 a 18 células e de 40 a 360 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Traqueídeos radiais*: regularmente presentes, pouco abundantes e predominantemente marginais; a membrana secundária apresenta-se lisa. *Parênquima radial*: células de secção oblonga de dimensões regulares e com membrana secundária; paredes transversais espessas, com entalhes e abundantes pontuações; paredes longitudinais espessas e distintamente nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações dos tipos piceóide (dominante) e taxodióide em número de 2 a 6 (frequentemente 4) dispostas em 1-2 fiadas transversais. *Parênquima epitelial transversal*: presente, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes espessas em número de 6 a 8 por canal.

Proveniência das amostras: Gerez.

Pinus Strobus L.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal com tendência para a quadrangular. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; os toros destas pontuações apresentam-se por vezes com as margens recortadas; presentes e abundantes na parede tangencial das duas últimas fiadas de traqueídos da zona de outono. Traqueídos resinosos presentes e abundantes; as placas resinosas encontram-se junto dos raios. Traqueídos em cadeia presentes junto aos canais de resina.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, pouco abundante, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas. O número de canais de resina por mm^2 não é superior a um.

Raios — Heterogêneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina a meio). *Altura* (dos raios unisseriados): são sempre inferiores a 15 células. *Traqueídos radiais*: regularmente presentes, pouco abundantes e predominantemente marginais; a membrana secundária apresenta-se lisa. *Parênquima radial*: células de secção nitidamente oblonga; paredes transversais finas e com poucas pontuações; paredes longitudinais finas e irregularmente nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo fenestriforme em número de 1 a 2 (geralmente 1) dispostas numa única fiada; a forma da abertura destas pontuações é variável e vai circular a de limão e em qualquer dos casos preenchendo o espaço livre do campo de cruzamento. *Parênquima epitelial transversal*: presente, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas em número de 3 a 4 por canal.

Proveniência das amostras: Gerez,

***Pinus canariensis* DC.**

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono*: pouco distinta e frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção nitidamente poligonal; presença accidental de trabéculas. *Pontuações areoladas*: somente presentes na parede radial e com disposição unisseriada.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, abundante, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas. O número de canais de resina por mm^2 varia de 0 a 6.

Raios — Heterogêneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina a meio). *Altura* (dos raios unisseriados): varia de 1 a 17 células e de 20 a 490 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Traqueídos radiais*: regularmente presentes, normalmente abundantes, marginais e intercalares e de membrana secundária com denticulado pouco distinto. *Parênquima radial*: células de secção orbicular e oval e de dimensões bastante variáveis; paredes transversais finas e com poucas pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações dos tipos pinóide (dominante) e taxodióide em número de 1 a 5 (mais frequentemente 2-4) dispostas em 1-2 fiadas transversais. *Parênquima epitelial transversal*: presente, abundante, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas em número de 3 a 4 por canal.

Proveniência das amostras: Tapada da Ajuda.

Pinus Pinaster [Sol. in] Ait.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* distinta e não frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células. Transição mais ou menos gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: somente presentes na parede radial e com disposição unisseriada. Traqueídos em cadeia presentes junto aos canais de resina.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, não abundante, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas. O número de canais de resina por mm^2 varia de 0 a 2.

Raios — Heterogêneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina a meio). *Altura* (dos raios unisseriados): inferior a 30 células e a 600 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Traqueídos radiais*: regularmente presentes, abundantes, marginais e intercalares e com a membrana secundária distintamente denticulada. *Parênquima radial*: células de secção oval (dominante) e oblonga; paredes transversais mais ou menos finas, por vezes com entalhes e normalmente sem pontuações; as paredes longitudinais são mais ou menos finas e nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo pinóide em número de 1 a 4 geralmente 2-3) dispostas em 1-2 fiadas transversais. *Parên-*

quima epitelial transversal: presente, de origem normal e com células epiteliais de paredes finas em número de 3-4 por canal.

Proveniência das amostras: Pinhal de Leiria e Gerez.

Pinus Clusiana Ar. var. **corsicana** (Loud.) Franco

(*Pinus Laricio* Poir. var. *corsicana* Loud.)

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* bem distinta e frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células. Transição mais ou menos rápida da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal com tendência para a quadrangular com cantos arredondados mas não formando espaços intercelulares. *Pontuações areoladas*: somente presentes na parede radial e com a disposição unisseriada.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas. O número de canais de resina por mm² varia de 0 a 3.

Raios — Heterogêneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina ao centro). *Altura* (dos raios unisseriados): varia de 1 a 17 células e de 25 a 370 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Traqueídos radiais*: regularmente presentes, abundantes, marginais e intercalares e com a membrana secundária com denticulado bem acentuado sem apresentar reticulado. *Parênquima radial*: células de secção oval e oblonga (dominante); paredes transversais finas e sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo fenestriforme; normalmente cada campo apresenta uma única pontuação excepcionalmente duas e sempre numa única fiada transversal. *Parênquima epitelial transversal*: presente, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas em número de 3 a 4 por canal.

Proveniência das amostras: Gerez.

Pinus silvestris L.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* bem distinta e frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células. Transição rápida da zona de primavera para a de outono.

Traqueídeos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: sòmente presentes na parede radial e do tipo unisseriado. Presença de traqueídeos em cadeia junto aos canais de resina.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, pouco abundante, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas. O número de canais de resina por mm^2 varia de 0 a 2.

Raios — Heterogéneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina ao centro). *Altura* (dos raios unisseriados): varia de 1 a 25 células e de 30 a 630 μ ; raios maiores que 15 células normalmente raros e excepcionalmente frequentes. *Traqueídeos radiais*: regularmente presentes, muito abundantes, marginais e intercalares e com a membrana secundária com denticulado concrescente. *Parênquima radial*: células de secção oval e oblonga; esta última forma é por vezes dominante; paredes transversais finas e sem pontuações; paredes longitudinais normalmente finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo fenestriiforme em número de uma a duas por campo; o caso de uma é dominante. *Parênquima epitelial transversal*: presente, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas em número de 3-4 por canal.

Proveniência das amostras: Parque da Pena e Gerez.

Pinus halepensis Mill.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídeos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: sòmente presentes na parede radial e com a disposição unisseriada. Presença de traqueídeos em cadeia junto aos canais de resina.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, normalmente pouco abundante, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas. O número de canais de resina por mm^2 varia de 0 a 2, podendo ir nalguns casos a 4.

Raios — Heterogéneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina a meio). *Altura* (dos raios unisseriados): varia de 1 a 32 células e de 30 a 940 μ ; raios maiores que 15 células normalmente

raros. *Traqueídos radiais*: regularmente presentes, não abundantes, marginais e intercalares; membrana secundária com denticulado muito pouco distinto. *Parênquima radial*: células de secção oval com tendência por vezes para a orbicular; paredes transversais espessas e com abundantes pontuações; paredes longitudinais mais ou menos espessas e frequentemente nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações dos tipos pinóide (dominante) e taxodióide em número de 1 a 4 (geralmente 2) dispostas em 1-2 fiadas transversais. *Parênquima epitelial transversal*: presente, pouco abundante, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas em número de 3 por canal.

Proveniência das amostras: Tapada da Ajuda.

Pinus Pinea L.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* mais ou menos distinta e frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células. Transição mais ou menos rápida da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: somente presentes na parede radial e com a disposição unisseriada. Presença de traqueídos em cadeia junto aos canais de resina.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, pouco abundante, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas. O número de canais de resina por mm² varia de 0 a 2.

Raios — Heterogéneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina ao centro). *Altura* (dos raios unisseriados): varia de 1 a 18 células e de 30 a 460 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Traqueídos radiais*: regularmente presentes, não abundantes, marginais e intercalares; membrana secundária com denticulado pouco distinto. *Parênquima radial*: células de secção orbicular com tendência para a oval; paredes transversais espessas e com abundantes pontuações; paredes longitudinais espessas e nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo pinóide em número de 1 a 4 (mais geralmente 2-3) e dispostas em 1-2 fiadas transversais. *Parênquima epitelial transversal*: presente, pouco abundante, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas em número de 3-4 por canal.

Proveniência das amostras: Tapada da Ajuda.

Pinus radiata D. Don

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal; presença accidental de trabéculas. *Pontuações areoladas*: somente presentes na parede radial e com a disposição unisseriada. Presença de traqueídos em cadeia junto aos canais de resina.

Parênquima epitelial longitudinal — Presente, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas. O número de canais de resina por mm² varia de 0 a 4.

Raios — Heterogéneos e dos tipos unisseriado e fusiforme (com canal de resina a meio). *Altura* (dos raios unisseriados): varia de 1 a 25 células e de 20 a 600 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Traqueídos radiais*: regularmente presentes, não abundantes, marginais e intercalares; membrana secundária distintamente denticulada por vezes do tipo concrecente. *Parênquima radial*: células de secção orbicular e oval (dominante); paredes transversais finas sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações dos tipos pinóide (dominante) e taxodióide em número de 1 a 5 dispostas em 1-2 fiadas transversais. *Parênquima epitelial transversal*: presente, de origem normal e constituído por células epiteliais de paredes finas em número de 3-4 por canal.

Proveniência das amostras: Gerez e Tapada da Ajuda.

Sequoia Wellingtonia Seem.

(*Sequoia gigantea* Dcne., non Endl.)

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial mas quase restritas à última fiada de traqueídos da zona de outono.

Presença accidental de trabéculas; presença com certa abundância de traqueídos resinosos; também é frequente encontrarem-se traqueídos em cadeia junto do parênquima longitudinal; junto dos canais de resina (de origem traumática), quando presentes, também se podem ver traqueídos em cadeia.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal com tendência para a disposição em faixas; as paredes transversais são do tipo noduloso.

Parênquima epitelial longitudinal — Quando presente é de origem traumática e constituído por células epiteliais de paredes espessas; normalmente os canais de resina apresentam-se dispostos em fiadas tangenciais limitadas.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 9 células e de 30 a 180 μ ; raios maiores que 15 células não presentes. *Parênquima radial*: células de secção oval e oblonga; paredes transversais espessas e com pontuações não abundantes; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo taxodióide em número de 1 a 4 (geralmente 1-2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Gerez:

***Sequoia sempervirens* (D. Don.) Endl.**

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição mais ou menos rápida da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: multisseriadas-opostas na parede radial; presentes e pouco abundantes na parede tangencial quase que restritas à última fiada de traqueídos da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal-difuso com paredes transversais frequentemente nodulosas.

Raios — Homogêneos e dos tipos unisseriado, bisseriado em parte e mais raramente trisseriados; os raios bisseriados em parte aparecem com bastante frequência. *Altura*: pode ir no máximo a 60 células e a mais de 1 mm; raios maiores que 30 células frequentes. *Parênquima radial*: células de secção orbicular e oval e de dimensões bastante variáveis; paredes transversais espessas e normalmente sem pontuações; paredes

longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo taxodióide em número de 1 a 5 (geralmente), dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Parque da Pena e Gerez.

Cryptomeria japonica (L. f.) D. Don

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição rápida da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal; presença accidental de trabéculas. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e pouco abundantes na parede tangencial e quase restritas à última fiada de traqueídos da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal e normalmente disposto em faixas. Paredes transversais frequentemente nodulosas.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 25 células e de 20 a 470 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Parênquima radial*: células de secção oblonga; paredes transversais espessas, frequentemente sem entalhes e sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo taxodióide em número de 1 a 4 (geralmente 1-2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Parque da Pena e Gerez.

Taxodium distichum (L.) L. C. Rich.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção orbicular; espaços intercelulares presentes e frequentes. *Pontuações areoladas*: multisseriadas-opostas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial dos traqueídos da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, não abundante e do tipo metratrequeal-difuso; paredes transversais distintamente nodulosas.

Parênquima epitelial longitudinal — Normalmente ausente; quando presente é de origem traumática e constituído por células epiteliais de paredes espessas.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: maiores que 15 células não presentes. *Parênquima radial*: células de secção orbicular; paredes transversais espessas e com algumas pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações dos tipos cupressóide (dominante) e taxodióide em número de 1 a 6 (geralmente 4).

Proveniência das amostras: Parque da Pena.

Cupressus sempervirens L. for. **horizontalis** (Mill.) V. P. Maleev

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção frequentemente orbicular; espaços intercelulares presentes. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes mas não abundantes na parede tangencial.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal com disposição em faixas; paredes transversais nodulosas.

Raios — Homogêneos, raramente unisseriados e frequentemente bi e trisseriados em parte. *Altura*: varia de 1 a 41 células e de 30 a 360 μ ; raios maiores que 30 células raros e maiores que 15 frequentes. *Parênquima radial*: células de secção e dimensões variáveis; paredes transversais espessas, com entalhes e com pontuações mas não abundantes; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 4 (geralmente 2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Tapada da Ajuda.

Cupressus lusitanica Mill.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção frequentemente orbicular.

cular; espaços intercelulares presentes e por vezes frequentes. Presença accidental de trabéculas. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e por vezes abundantes na parede tangencial dos traqueídeos da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal com disposição em faixas.

Raios — Homogêneos; unisseriados e bisseriados (em parte); os bisseriados são frequentes e por vezes dominantes. *Altura*: varia de 1 a 24 células e de 30 a 510 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Parênquima radial*: células de secção orbicular com tendência para a oval; paredes transversais espessas, com entalhes não frequentes e sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 5 (geralmente 1-2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Tapada da Ajuda e Gerez.

Cupressus macrocarpa Hartw.

Anéis de crescimento — Por vezes indistintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídeos longitudinais — De secção poligonal com tendência para a orbicular; espaços intercelulares presentes mas não frequentes. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial dos traqueídeos de outono e por vezes nos de primavera.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal com disposição em faixas; paredes transversais por vezes nodulosas.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 35 células e de 30 a 550 μ ; raios maiores que 30 células raros e maiores que 15 células frequentes. *Parênquima radial*: células de secção orbicular (dominante) e oval e de dimensões um tanto variáveis. Paredes transversais finas e sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 4 (geralmente 1-2) dispostas em 1-3 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Tapada da Ajuda.

***Chamaecyparis funebris* (Endl.) Franco**

(*Cupressus funebris* Endl.)

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção orbicular; espaços intercelulares presentes e frequentes. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial dos traqueídos da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal-difuso com tendência nalguns casos para a disposição em faixas; paredes transversais por vezes nodulosas, mas não distintamente.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 14 células e de 30 a 340 μ ; raios maiores que 15 células não presentes. *Parênquima radial*: células de secção oval e de dimensões variáveis; paredes transversais espessas e sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 4 (geralmente 2) dispostas em 1-3 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Sintra.

***Chamaecyparis Lawsoniana* (A. Murr.) Parl.**

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição mais ou menos rápida da zona de primavera para a do outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial dos traqueídos da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal com disposição em faixas; paredes transversais nodulosas por vezes distintamente.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 18 células e de 30 a 300 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Parênquima radial*: células de secção oval e de dimensões bastante variáveis; paredes transversais espessas, por vezes com entalhes e sem pontuações;

paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 4 (geralmente 1-2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Gerez.

Libocedrus decurrens Torr.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial dos traqueídos das últimas fiadas da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal com tendência para a disposição em faixas; paredes transversais distintamente nodulosas.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 17 células e de 30 a 350 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Parênquima radial*: células de secção mais ou menos orbicular; paredes transversais espessas, com entalhes e com algumas pontuações; paredes longitudinais espessas e distintamente nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 4 (geralmente 2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Parque da Pena.

Thuja orientalis L.

[*Biota orientalis* (L.) Endl.]

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal com tendência para a orbicular; espaços intercelulares presentes e frequentes. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial dos traqueídos das últimas fiadas da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo me-

tatraqueal frequentemente com disposição em faixas; paredes transversais distintamente nodulosas.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 15 células e de 20 a 240 μ ; raios maiores que 15 células não presentes. *Parênquima radial*: células de secção oval e de dimensões variáveis; paredes transversais espessas e sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 4 (geralmente 2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Tapada da Ajuda.

Thuja plicata D. Don

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição mais ou menos rápida da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção poligonal; presença accidental de trabéculas. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes e abundantes na parede tangencial dos traqueídos das últimas fiadas da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal-difuso; paredes transversais nodulosas, mas não distintamente.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 16 células e de 30 a 270 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Parênquima radial*: células de secção oblonga e de dimensões um tanto variáveis; paredes transversais espessas, com entalhes e sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações dos tipos taxodióide (dominante) e cupressóide em número de 1 a 4 dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Gerez.

Juniperus oxycedrus L.

ssp. **macrocarpa** (Sibth. et Sm.) Aschers. et Graebn.

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídos longitudinais — De secção mais ou menos poligonal.

Pontuações areoladas: unisseriadas na parede radial; presentes mas não abundantes na parede tangencial dos traqueídeos das últimas fiadas da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal com disposição em faixas; paredes transversais por vezes nodulosas.

Parênquima epitelial longitudinal — Quando presente é de origem traumática e constituído por células epiteliais de paredes espessas. Os canais de resina apresentam-se em fiadas tangenciais limitadas.

Raios — Homogêneos e unisseriados. *Altura*: varia de 1 a 17 células e de 20 a 290 μ ; raios maiores que 15 células raros. *Parênquima radial*: células de secção oval e oblonga e de dimensões variáveis; paredes transversais um tanto finas, com entalhes e sem pontuações; paredes longitudinais finas e por vezes nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 4 (geralmente 1-2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: Douro.

***Juniperus virginiana* L.**

Anéis de crescimento — Distintos. *Zona de outono* pouco distinta e frequentemente menor que 10 fiadas tangenciais de células. Transição gradual da zona de primavera para a de outono.

Traqueídeos longitudinais — De secção mais ou menos orbicular; espaços intercelulares presentes e frequentes; presença accidental de trabéculas. *Pontuações areoladas*: unisseriadas na parede radial; presentes mas pouco abundantes na parede tangencial dos traqueídeos da última fiada da zona de outono.

Parênquima longitudinal — Presente, abundante e do tipo metatraqueal com disposição em faixas; paredes transversais por vezes nodulosas, mas não distintamente.

Raios — Homogêneos e dos dois tipos: unisseriado e bisseriado em parte; os segundos apresentam-se com bastante frequência. *Altura*: varia de 1 a 15 células e de 20 a 230 μ ; raios maiores que 15 células não presentes. *Parênquima radial*: células de secção oval com tendência para a orbicular; paredes transversais mais ou menos finas, com entalhes e sem pontuações; paredes longitudinais finas e não nodulosas. *Campo de cruzamento*: pontuações do tipo cupressóide em número de 1 a 4 (geralmente 1-2) dispostas em 1-2 fiadas transversais.

Proveniência das amostras: S: Miguel (Açores).

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho contribuiu grandemente a Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas dando-nos amplas facilidades para a colheita da quase totalidade do material estudado.

Ao Professor João de Carvalho e Vasconcellos desejamos apresentar aqui os nossos vivos agradecimentos pelo inestimável auxílio que, com a sua usual boa vontade, nos prestou quer através da bibliografia facilitada quer pelos esclarecimentos e sugestões valiosas.

Estamos imensamente gratos ao Professor Mário de Azevedo Gomes pela muito generosa ajuda na revisão do original.

Ao Professor João do Amaral Franco que nos auxiliou na identificação das espécies estudadas ficamos bastante reconhecidos.

Desejamos também agradecer ao Sr. António Borges Leitão, aluno do Instituto Superior de Agronomia, que com tão boa vontade e entusiasmo se desempenhou da tarefa da preparação de todo o material estudado.

Ao Sr. Júlio Bivar Salgado os nossos melhores agradecimentos pela valiosa ajuda prestada na execução de toda a documentação microfotográfica que acompanha este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, I. W. and A. F. FAULL

- 1934 The cambium and its derivatives tissues. — IX. Structural variability in the redwood, *Sequoia sempervirens*, and its significance in the identification of fossil woods. *J. Arnold Arbor*, 15.

BROWN, H. P., A. J. PANSIN and C. C. FORSAITH

- 1949 *Textbook of Wood Technology*. Vol. I. McGraw-Hill Book Co.; New York.

CARDOZO, J. G. Alfaro

- 1918 *Contribuição para o estudo da Madeira do Pinheiro Bravo. Simples esboço micrográfico*. Tip. Cooper. Militar; Lisboa.

COUTINHO, A. X. Pereira

- 1936 *Esboço de uma flora lenhosa portuguesa*. 2.^a Ed. Publ. Dir. G. Serv. Flor. e Aquícolas. Vol. 3(1).

DADSWELL, H. E. and A. B. WARDROP

- 1949 What is reaction wood? *Australian Forestry*, Vol. XIII(1).

DESCH, H. E.

- 1947 *Timber — Its structure and properties*. Macmillan; London.

EAMES, A. J. and L. H. MACDANIELS

- 1947 *An introduction to plant anatomy*. McGraw-Hill Book Co.; New York.

FRANCO, João do Amaral

- 1943 *Dendrologia Florestal*. Lisboa.
1949 Notas sobre a nomenclatura de algumas coníferas. *Portug. Acta Biol.*(B).
1950a *De coniferarum duarum nominibus*. Lisboa.
1950b *Abetos*. Lisboa.

GOMES, Mário d'Azevedo

- 1947 *Silvicultura*. Vol. I. Col. «A Terra e o Homem», 9. Sá da Costa; Lisboa.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS

- 1933 Committee on nomenclature. Glossary of terms used in describing woods. *Trop. Woods*, 36 e 47.

JOHANSEN, Donald A.

- 1940 *Plant microtechnique*. MacGraw-Hill; New York.

METCALF, C. R. and L. CHALK

- 1950 *Anatomy of the Dicotyledons*. Clarendon Press; Oxford.

MONTEIRO, J. A. Cunha

- 1924 Identificação de madeiras. *Rev. Agronómica* XVI.

PFEIFFER, J. Ph. and W. W. VAROSSIEAU

- 1946 Classification of the structural elements of the secondary wood of dicotyledons, using Decimal Indices for Classification and Identification of woods species. *Blumea*. Vol. V(3).

PHILLIPS, E. W. J.

- 1941 The identification of coniferous woods by their microscopic structure. *J. Lin. Society (Botany)*. Vol. 52(343).
1948 Identification of softwoods by their microscopic structure. *Forest Product Research, Bull.* 22; London.

PICCIOLI, Dott. Lovodico

- 1919 *Tecnologia del legno*. Unione Tip. Edit. Torinese; Torino.

RECORD, Samuel J.

- 1934 *Identification of the timbers of temperate North America*. John Wiley; New York.

RECORD, Samuel J. and Robert W. HESS

- 1943 *Timbers of the New World*. Yale University Press; New Haven.

SAKORNBUT, S. S.

- 1951 Differentiation of woods of Southern Pines by Chemical means. *J. of Forestry*, 49(2).

SEABRA, Luiz

- 1948 Contribuições para o estudo tecnológico das espécies da flora colonial. *An. da Junta de Investigações Coloniais*, Vol. III, Tomo VI.

VAROSSIEAU, W. W.

- 1948 The identification of wood species with the aid of the Hollerith system. *Blumea*, Vol. VI:III.

VASCONCELLOS, J. de Carvalho e

- 1929 Identificação de madeiras pelos caracteres macroscópicos. *Agros*, Vol. XII.
- 1931 Dois casos de identificação de madeiras. *Rev. Agronómica*, XIX.
- 1945 Noções de citologia e histologia das plantas, *Min. Econ. Dir. Geral Serv. Agrícolas, Série Est. e Inf. Técnica* N.º 28. Lisboa.
- 1946 Noções sobre anatomia das plantas superiores, *Min. Econ. Dire. Geral dos Serv. Agrícolas, Série Est. e Inf. Técnica* N.º 29. Lisboa.
- 1948 Botânica Agrícola. Vol. I. Col. «A Terra e o Homem», 12. Sá da Costa; Lisboa.
- 1949 Botânica Agrícola. Vol. II. Col. «A Terra e o Homem», 15. Sá da Costa; Lisboa.

WARDROP, A. B. and H. E. DADSWELL

- 1950 The nature of reaction wood. II-The cell wall organization of compression woods tracheids. *Australian J. of Scientific Research, Séries B (Biological Sciences)* Vol. 3(1).

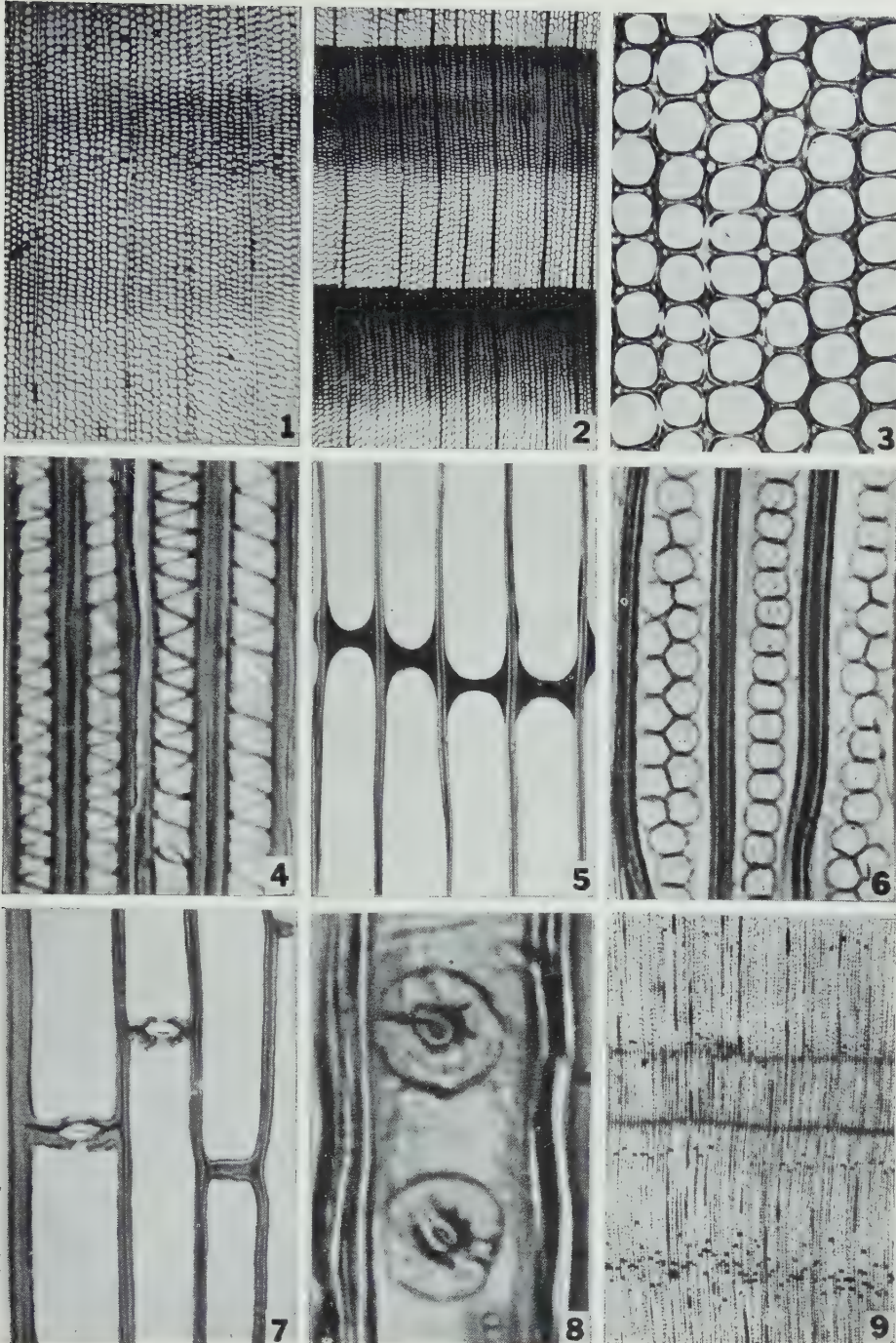
DESCRIÇÃO DAS ESTAMPAS

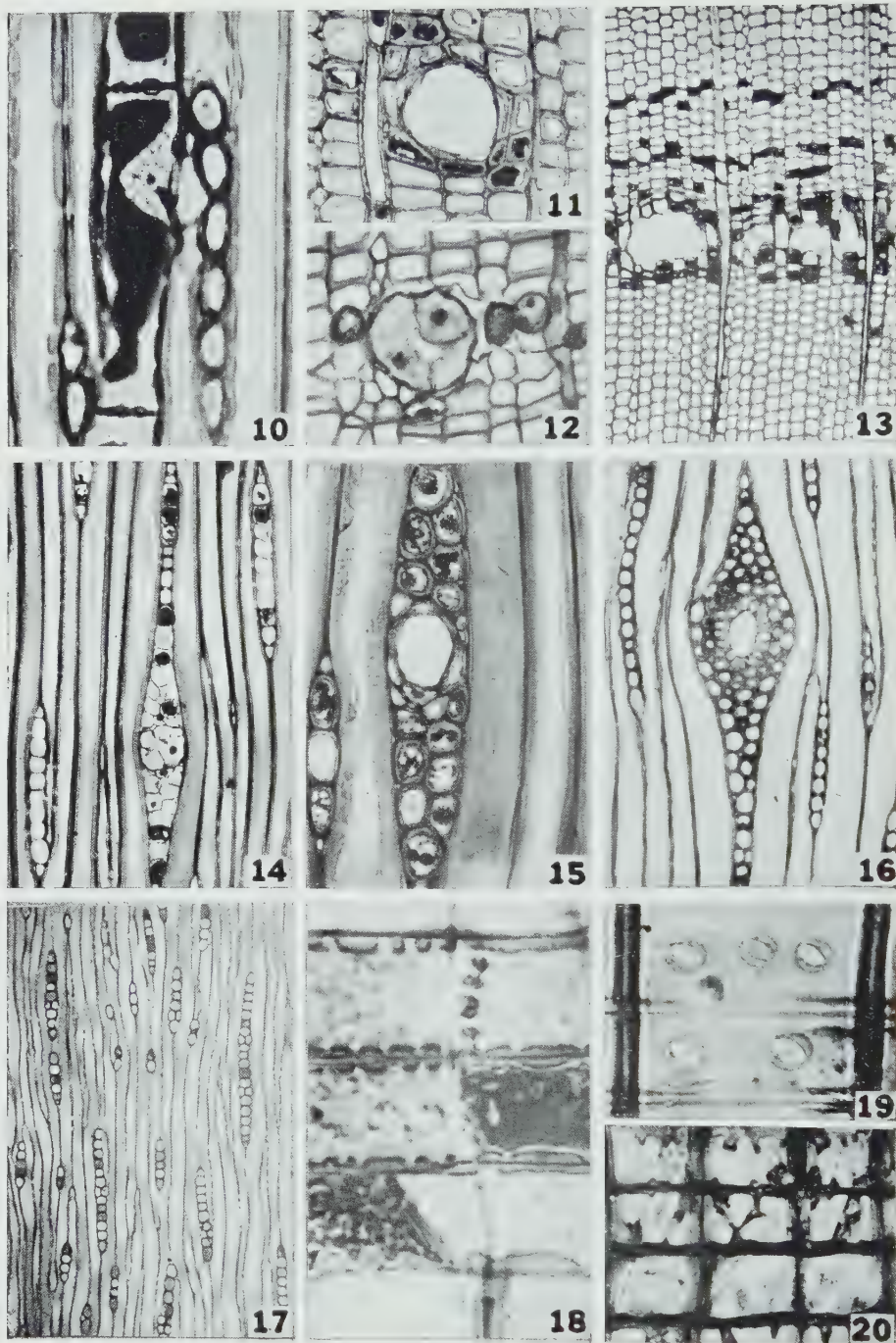
ESTAMPA I

- Fig. 1 — *Cupressus macrocarpa*. ($\times 60$). Anéis de crescimento: indistintos.
- Fig. 2 — *Pseudotsuga Menziesii*. ($\times 50$). Zona de outono: bem distinta e frequentemente maior que 10 fiadas tangenciais de células; transição primavera-outono rápida.
- Fig. 3 — *Taxodium distichum*. ($\times 200$). Traqueídeos longitudinais: secção orbicular; espaços intercelulares presentes.
- Fig. 4 — *Taxus baccata*. ($\times 400$). Traqueídeos longitudinais: espessamento espiralado.
- Fig. 5 — *Pinus Strobus*. ($\times 200$). Traqueídeos longitudinais: placas resinosas em traqueídeos resinosos.
- Fig. 6 — *Araucaria excelsa*. ($\times 400$). Traqueídeos longitudinais: pontuações areoladas alternas nas paredes radiais.
- Fig. 7 — *Pseudotsuga Menziesii*. ($\times 400$). Traqueídeos longitudinais: traqueídeos em cadeia.
- Fig. 8 — *Cedrus Deodara*. ($\times 1800$). Traqueídeos longitudinais: toros com margens recortadas das pontuações areoladas da parede radial.
- Fig. 9 — *Juniperus Oxycedrus* ssp. *macrocarpa*. ($\times 20$). Parênquima lenhoso longitudinal: metatraqueal com disposição em faixas.

ESTAMPA II

- Fig. 10 — *Thuja orientalis*. ($\times 400$). Parênquima lenhoso longitudinal: paredes transversais nodulosas.
- Fig. 11 — *Pseudotsuga Menziesii*. ($\times 200$). Canal de resina longitudinal: normal; células epiteliais de paredes espessas.
- Fig. 12 — *Pinus Strobus*. ($\times 200$). Canal de resina longitudinal: normal; células epiteliais de paredes finas.
- Fig. 13 — *Sequoia Wellingtonia*. ($\times 100$). Canais de resina longitudinais: de origem traumática.
- Fig. 14 — *Pinus radiata*. ($\times 100$). Raios lenhosos: raio fusiforme com canal de resina transversal e normal; células epiteliais de paredes finas; traqueídeos radiais marginais e intercalares.
- Fig. 15 — *Pseudotsuga Menziesii*. ($\times 250$). Raios lenhosos: raio fusiforme com canal de resina transversal e normal; células epiteliais de paredes espessas.
- Fig. 16 — *Cedrus atlantica*. ($\times 100$). Raios lenhosos: raio fusiforme com canal de resina transversal e traumático; células epiteliais de paredes espessas.
- Fig. 17 — *Cupressus lusitanica*. ($\times 50$). Raios lenhosos: unisseriados e bisseriados em parte.
- Fig. 18 — *Pseudotsuga Menziesii*. ($\times 500$). Parênquima lenhoso radial: paredes transversais bem pontuadas; paredes longitudinais nodulosas.
- Fig. 19 — *Sequoia sempervirens*. ($\times 500$). Campo de cruzamento: pontuações do tipo taxodióide.
- Fig. 20 — *Pinus silvestris*. ($\times 400$). Traqueídeos radiais: denticulado concrecente.





O enxugo das terras por meio de drenos ⁽¹⁾

Aplicação ao seu estudo do método de analogia eléctrica

por

EDUARDO SILVA D'OLIVEIRA E SOUSA

Engenheiro Agrônomo

Introdução

*aut lapidem bibulum aut squalentis infode conchas:
inter enim labentur aquae, tenuisque subibit
halitus, atque animos tollent sata.*

VERGÍLIO, *Geórgicas*, II. 348-350. ⁽²⁾

A presença de água no solo, essencial ao desenvolvimento das plantas, pode, quando em quantidades excessivas, ser responsável pelo seu deficiente crescimento ou até impedir a sua existência. Para que seja possível cultivar convenientemente terrenos em que exista um excesso de água torna-se, por isso, necessário executar os trabalhos indispensáveis ao seu escoamento.

São, por vezes, bastante grandes as áreas sobre que é preciso actuar com o fim de trazer à cultura terrenos até então incultos, ou com o de aumentar a sua produtividade, melhorando simultâneamente as condições de salubridade da região. Nisto consiste essencialmente o saneamento das grandes zonas.

Com maior frequência é o problema restringido ao enxugo de zonas de área mais limitada, com o fim de melhorar as condições de utilização do terreno.

⁽¹⁾ Dissertação de concurso a um lugar de professor extraordinário do 4.º grupo de disciplinas do Instituto Superior de Agronomia.

⁽²⁾ «...e instala valas cegas, tendo no fundo pedras ou conchas lançadas a granel, por entre as quais se escoará a água e passará o ar subtil, e assim as plantas novas cobrarão alento...» [*As Geórgicas de Vergílio*, Mayer (R.)].

O excesso de água numa parcela de terreno pode ter diversas causas. Citarei algumas das principais: assim, pode esse excesso ser essencialmente motivado pela acumulação da água proveniente de terrenos vizinhos, por escoamento superficial ou por infiltração, que devido a desfavoráveis condições topográficas não possa atingir os cursos de água naturais; a existência no terreno de uma camada praticamente impermeável, situada a pequena profundidade, pode ser a causa da acumulação da água das chuvas que sobre ele caem, provocando a saturação até à superfície ou tão próximo dela que impeça ou dificulte o desenvolvimento radicular das plantas; as abundantes quedas pluvio-métricas, conjugadas com a fraca permeabilidade de alguns terrenos e sua localização, podem também motivar um excesso de água por períodos de tempo mais ou menos extensos; etc.

A diversidade de aspectos com que o problema de escoamento das águas em excesso se pode apresentar, obriga necessariamente a adoptar soluções também diversas, de acordo com cada caso, recorrendo-se à abertura de valas e à instalação de órgãos de drenagem subterrânea.

As valas abertas são órgãos de enxugo muito vantajosos quando se pretende dar escoamento a um excesso de água superficial. Porém, certas desvantagens apresentam quando o problema consiste em fazer baixar um lençol de água subterrânea para que as plantas disponham de uma camada de terreno suficiente ao seu desenvolvimento.

De facto, as valas abertas com esta última finalidade, em virtude de serem relativamente profundas, ocupam apreciáveis faixas de solo, mesmo quando seja pequena a sua largura no fundo e a constituição do terreno permita que os taludes sejam bastante inclinados. O conjunto destas valas determina, por isso, uma redução sensível da área cultivável e dificulta a execução de trabalhos culturais, bem como as comunicações entre as diversas parcelas do terreno; além disso, a manutenção das boas condições de funcionamento destas valas, profundas e estreitas no fundo, torna-se difícil, devido à facilidade com que se podem obstruir.

A drenagem subterrânea reduz ao mínimo os inconvenientes que acabamos de mencionar para as valas abertas, pelo que desde longa data a ela se tem recorrido. Assim, já em épocas remotas VERGÍLIO e COLUMELA se referiam à drenagem subterrânea, recomendando o uso das «valas cegas», ainda hoje empregadas em muitos casos, que se obtêm abrindo trincheiras que, depois de parcialmente cheias com pedras, teijolos, faxinas, etc., são novamente fechadas com a terra removida quando da sua abertura.

Desde o início do século XVII vários aperfeiçoamentos têm sido introduzidos na execução da drenagem, aparecendo no princípio do século XIX as primeiras verdadeiras condutas subterrâneas, precursoras dos actuais drenos, constituídas por telhas curvas repousando sobre telhas planas. Mais tarde, o aperfeiçoamento dos métodos de fabrico dos pequenos tubos cerâmicos e de betão, empregados nos actuais drenos, permitiu dar grande desenvolvimento à drenagem subterrânea. Última-mente, o uso deste sistema de enxugo é bastante frequente em muitos países, para o que têm contribuído numerosos estudos e os progressos da técnica, quer no fabrico dos tubos; quer quanto à sua colocação no terreno, permitindo melhorar as condições económicas em que é feito o enxugo por meio de redes de drenagem deste tipo.

Do escoamento do excesso de água promovido pela drenagem resulta um maior arejamento do terreno, melhorando assim as condições de vida dos microorganismos do solo, e permitindo que nele se verifiquem em melhores condições todos os fenómenos necessários ao bom desenvolvimento das plantas. Da sua acção resultam ainda outros benefícios: assim, é facilitada a penetração da água das chuvas, que atinge as camadas mais profundas do terreno; aumenta a temperatura do solo; diminui a evaporação; as raízes podem desenvolver-se até maiores profundidades; são melhoradas as condições em que se realizam alguns dos trabalhos culturais; aumenta a duração do período em que certos terrenos se podem trabalhar, alargando as possibilidades de escolha das culturas; etc. Como consequência destes benefícios os rendimentos aumentam, por melhorarem as produções em quantidade e qualidade.

Experiências realizadas por diversos investigadores, nomeadamente em Rothamsted e Grignon, permitem concluir que não são de temer prejuízos para as culturas causados pelo arrastamento das substâncias fertilizantes pelas águas drenadas.

Por outro lado, uma rede de drenagem pode ser estabelecida visando especialmente o combate à presença de álcalis no solo em quantidades que possam tornar-se perigosas, para o que os drenos são especialmente dispostos e se fornecem abundantes quantidades de água ao terreno.

Porém, a instalação de uma rede de drenagem é sempre uma operação bastante dispendiosa, o que obriga quem a projecta a proceder da maneira mais cautelosa, a fim de evitar despesas excessivas que possam comprometer os resultados económicos da exploração.

Se, por exemplo, se pretender drenar uma parcela de terreno utilizando várias linhas de drenos paralelos e equidistantes, é evidente que

a eficiência e o custo da rede de drenagem dependem fortemente da profundidade a que forem colocados os drenos e da distância que os separa. Torna-se, por isso, necessário fixar estes valores de acordo com as condições especiais de cada caso e de modo a obter uma boa eficiência com o menor custo possível.

Com este fim se recorre, por vezes, à instalação prévia de campos de ensaio numa parcela do terreno a drenar. O estabelecimento destes campos e as observações que neles se fazem, para que permitam orientar com certa segurança a execução da drenagem, são necessariamente operações demoradas e dispendiosas.

Nalguns casos de relativa simplicidade, ao projectar-se uma rede de drenagem, é também preconizado o emprego de expressões em que figuram os factores considerados de maior influência no seu funcionamento. São, porém, numerosas as dificuldades encontradas no uso destas expressões, geralmente deduzidas, por via analítica ou experimental, considerando certas simplificações que restringem muito o seu emprego.

Finalmente, é ainda possível o recurso a experiências laboratoriais de vários tipos, que se estabelecem de acordo com as condições peculiares a cada caso.

Um dos métodos de possível utilização nestas experiências realizadas em laboratórios é o *método de analogia eléctrica*, que, como adiante se verá, se baseia na analogia existente entre as leis de DARCY e de OHM, que regem respectivamente o escoamento da água através dos solos saturados e o fluxo da corrente eléctrica através de um condutor. A ele se recorreu na grande maioria das experiências que se relatam no capítulo III, aplicando-o especialmente ao estudo da drenagem de terrenos homogéneos e isótopos assentes sobre uma camada praticamente impermeável e horizontal, sendo o excesso de água apenas devido às chuvas caídas sobre eles.

Do estudo feito será possível concluir-se que o método pode ser aplicado a muitos dos problemas de drenagem, cuja diversidade de aspectos torna praticamente inviável a pretensão de efectuar um estudo completo que a todos abranja.

Faz-se referência especial à sua aplicação ao estudo do escoamento da água através de terrenos em que existem camadas com diferentes permeabilidades e através de terrenos anisótopos.

A descrição das experiências, a apresentação dos resultados obtidos e respectivas conclusões, são precedidas de algumas considerações

sobre as generalidades da drenagem (I) e sobre o estudo teórico do movimento da água no solo (II), com o fim de auxiliar a compreensão do método, e das suas possibilidades e vantagens.

A parte experimental deste estudo em que se utilizou o *método de analogia eléctrica* foi executada no *Laboratoire d'Analogies Electriques* do *Institut Blaise Pascal*, pertencente ao *Centre National de la Recherche Scientifique*, quando, no ano de 1949, me encontrava em Paris na qualidade de bolseiro do *Instituto para a Alta Cultura*.

Aos Ex.^{mos} Senhores JOSEPH PÉRÈS e LUCIEN MALAVARD, que tão amavelmente me receberam naquele laboratório, desejo manifestar a minha sincera gratidão, não só por todas as facilidades concedidas como ainda pelos ensinamentos que deles recebi. O meu agradecimento é extensivo a todos os técnicos e auxiliares que sempre me ajudaram com a maior prontidão e boa vontade.

Os restantes ensaios, igualmente descritos no Capítulo III e em que foi empregado outro método experimental, foram efectuados na mesma época nos *Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics* de Paris.

Ao Ex.^{mo} Senhor ARMAND MAYER e aos técnicos e auxiliares deste laboratório, que de qualquer modo me facilitaram a execução dessas experiências, apresento também os meus agradecimentos.

Para o Prof. RUY MAYER, a quem tantas amabilidades devo e que muito contribuiu para que fosse possível a realização deste estudo, aqui deixo a expressão do meu mais profundo reconhecimento e verdadeira admiração.

Finalmente, quero ainda testemunhar a minha sincera gratidão a todos os que, directa ou indirectamente, me auxiliaram na realização deste trabalho.

I — Generalidades sobre as redes de drenagem

As redes de enxugo por meio de drenos são fundamentalmente constituídas por órgãos semelhantes (por desempenharem funções análogas) aos que formam qualquer outro sistema de enxugo.

Assim, a água recolhida directamente do terreno pelos elementos de menor diâmetro — os drenos — é por estes levada a condutas de maior secção — os colectores — que a descarregam em colectores principais, funcionando de emissário, ou num emissário natural — ribeiro, rio ou lago.

Como complemento da rede de drenagem assim constituída, pode ainda ser necessário estabelecer um canal de cintura nos limites da zona a drenar, com a finalidade de interceptar as águas vindas dos terrenos exteriores.

Os colectores são com frequência constituídos por tubos de formigão, utilizando-se cobre-juntas nas uniões dos troços; podem, porém, também ser formados por valas abertas. As suas extremidades de jusante deverão, sempre que possível, situar-se a cotas superiores ao nível máximo atingido pela água no emissário.

Os drenos são por sua vez formados por pequenos tubos cerâmicos ou de betão, cujo comprimento é de cerca de 30 a 40 cm, e que se colocam no fundo de valas especialmente abertas e preparadas para esse fim. Estes pequenos tubos são apenas assentes topo a topo, sem que em regra se use qualquer protecção especial nas juntas, devendo a sua colocação realizar-se com o maior cuidado de maneira a evitar o desvio de qualquer troço de tubo; no caso de se recearem assentamentos em algumas zonas do terreno, pode até justificar-se o recurso a outro sistema durante os primeiros anos da drenagem.

O estudo que a seguir apresentamos incide essencialmente sobre os elementos de menor diâmetro e que em maior número figuram nas redes de drenagem — os drenos. Só acidentalmente faremos referências a outros elementos, em particular aos colectores, cujas características e localizações convenientes são mais fáceis de fixar do que as que dizem respeito aos drenos.

I.1 — Disposição geral a dar aos drenos.

No estudo da drenagem de um terreno, o primeiro aspecto do problema a considerar é necessariamente o da escolha da localização que se deverá dar aos diversos órgãos da rede de drenagem, visando

a obtenção de um traçado que, além de assegurar um enxugo conveniente, seja tão económico quanto possível.

A situação do emissário em relação ao terreno a drenar é de grande importância na escolha do traçado da rede, que será necessariamente influenciada por vários outros factores, entre os quais avultam as condições topográficas.

De experiências e teorias desenvolvidas por diversos autores resultam vários tipos de traçados, dotados de maior ou menor elasticidade nas variantes susceptíveis de serem adoptadas de acordo com as condições especiais de cada caso.

De uma maneira geral podemos considerar três tipos de drenagem baseados em princípios gerais diferentes.

Num destes tipos, que é com frequência adoptado quando se trata de drenar áreas irregulares e mais ou menos isoladas, procura-se, por assim dizer, copiar a natureza, localizando os órgãos de drenagem nos talwegues. A este sistema chamam Ingleses e Americanos *natural system*.

Um segundo tipo consiste em considerar todos os sintomas que permitam ajuizar da origem, quantidade e direcção de movimento da água em excesso, procurando colocar os drenos de modo a interceptá-la e evitar a sua acumulação.

Enquanto no primeiro processo se procura escoar a água em excesso das zonas em que ela se acumulou, no segundo pretende-se evitar essa acumulação. É curiosa a frase de um prático (?) inglês, adepto deste segundo processo, citada por NICHOLSON [41:67-69]: «*When you see water standing in a certain place in a field, it doesn't mean that it has rained there more than over the rest of the field. That water has got there from other parts of the field. The object of draining should be to prevent it from getting there, not just to remove it after it has got there*».

Finalmente, no terceiro tipo — talvez o mais usado e certamente o que permite mais deduções de ordem teórica e a realização de experiências sistematizadas — é todo o terreno tratado como uma unidade a drenar, distribuindo-se os drenos uniformemente sobre cada zona da área total.

Pode este sistema tomar diversas formas, tendo todas de comum o paralelismo e uniformidade de distribuição dos drenos em cada zona.

A orientação a dar a cada um destes grupos de drenos varia com as condições locais, adoptando-se com frequência disposições diversas como sejam *em grelha* (mais adoptada quando o declive é sensível-

mente uniforme), *em espinha* (quando haja linhas de água mais ou menos pronunciadas), etc.

De um modo geral, o traçado de uma rede de drenagem deste tipo pode fazer-se obedecendo a duas disposições fundamentais: a *drenagem longitudinal*, em que os drenos elementares são colocados segundo as linhas de maior declive, e a *drenagem transversal*, em que os referidos drenos se orientam transversalmente em relação às mesmas linhas.

Quando o terreno a drenar é sensivelmente horizontal não há, praticamente, que fazer a escolha entre estas duas disposições, sendo a direcção que se dá aos drenos fundamentalmente dependente da localização do emissário; mas já o mesmo não sucede quando o declive é mais acentuado.

Durante muito tempo foi a drenagem longitudinal a mais largamente preconizada, se bem que, como referem por exemplo FAURE [17:109] e GUSTAFSSON [18], alguns práticos ingleses, e até já os romanos, adoptassem a drenagem transversal.

HERVÉ MANGON [22:82-83], como vários outros autores franceses do século XIX, recomendava a drenagem longitudinal para terrenos cujo declive não ultrapassasse 15 a 20 %, justificando a sua preferência: 1) pelo facto de um dreno colocado segundo uma linha de maior declive fazer sentir a sua acção, num terreno homogéneo, a igual distância à esquerda e à direita, ao passo que, se a sua posição se desviar daquela linha, a acção será maior do lado em que o terreno se eleva; 2) daquele modo ficaria melhor assegurada a intercepção pelos drenos das águas provenientes de camadas de terreno de maior permeabilidade, em geral mais ou menos horizontais.

RISLER e WERY [51:133] consideram que uma drenagem bem feita, traçada com o fim de esgotar a água em excesso o mais rápida e completamente possível com a economia máxima, deverá obedecer aos seguintes princípios: 1) desde que a água penetre na rede de drenagem, nunca a sua velocidade deverá diminuir; 2) cada dreno deverá assegurar o enxugo de uma área máxima.

Se o primeiro dos dois princípios que acabamos de citar for satisfeito, aumentará a rapidez do enxugo e evitar-se-ão as obstruções. Ora, como também fazem notar LÉVY-SALVADOR e FRICK [34:300-301] e FAURE [17:110-111], na drenagem transversal a velocidade da água vai sempre aumentando ao serem percorridos os diversos órgãos da rede, dando-se uma espécie de sucção sobre os drenos elementares, que facilita a rapidez de enxugo; simultâneamente, o referido aumento de

velocidade permite assegurar o escoamento dos carrejos sólidos, cuja importância se avoluma com a proximidade do emissário.

O segundo dos princípios citados, por envolver a noção basilar da necessidade de economia, tem levado os diversos autores a preferir um ou outro dos sistemas, procurando demonstrar a sua vantagem económica.

Os autores franceses procuram atribuir a *BARRE DE SAINT-VENANT* o mérito da demonstração da vantagem económica da drenagem transversal, feita num estudo publicado em 1849 nos «*Annales des Chemins Vicinaux*».

FAURE [17:112-118] demonstra a referida vantagem recorrendo à fórmula de *SAINT-VENANT* bem como a um outro processo analítico, terminando por citar os trabalhos publicados na Alemanha, em 1890 e 1891, por *MERL* e *GERHARDT*.

No entanto, só depois dos trabalhos destes últimos autores a drenagem transversal tem sido considerada como preferível, se bem que o seu emprego esteja condicionado pela existência de um declive mínimo de cerca de 3 ‰. Vejamos pois como *MERL* e *GERHARDT* demonstram a vantagem da drenagem transversal, sem contudo entrarmos na análise dos cálculos.

Admitem estes autores que a porção de terreno cujo enxugo é provocado por uma junta da linha de drenos pode considerar-se como sendo um cone, cujo vértice é a própria junta e que define sobre a superfície do terreno um círculo ou uma elipse (Fig. 1), segundo se trate de terreno horizontal ou inclinado.

Neste último caso, se considerarmos a linha de drenos colocada segundo uma linha de maior declive (drenagem longitudinal) as elipses correspondentes às juntas sucessivas têm os seus eixos maiores paralelos ao eixo dos drenos (Fig. 1-a), enquanto que, se os drenos forem colocados numa direcção perpendicular àquela (drenagem transversal), são os eixos menores das elipses que formam uma linha paralela àquele eixo (Fig. 1-b).

Da figura se conclui que a área drenada por quatro juntas sucessivas é maior no segundo caso, pois que será igual a $A + al$ (sendo A a área de uma elipse), ao passo que no primeiro será igual a $A + bl$ e a é maior do que b .

Das considerações feitas pode concluir-se que a drenagem transversal deverá ter vantagem económica, por permitir um maior afastamento entre os drenos e ainda por tornar possível o emprego de colec-

tores de menor diâmetro, pois que será maior a velocidade que nestes atinge a água em virtude das suas directrizes se aproximarem das linhas de maior declive. Além disso, de acordo com o exposto, este sistema não só parece conduzir a uma maior rapidez de enxugo, como facilitar o transporte dos materiais sólidos que porventura entrem nos drenos.

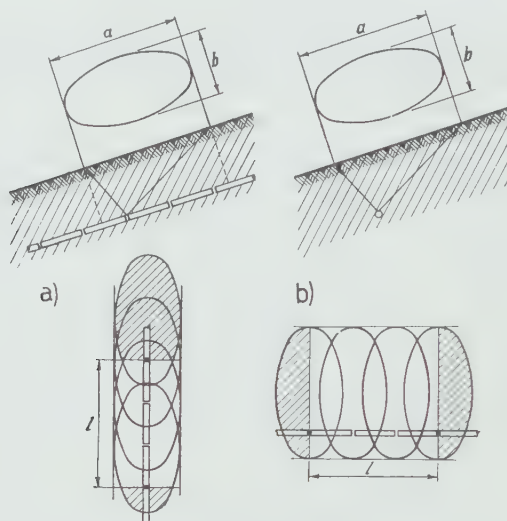


Fig. 1

É evidente, no entanto, que as vantagens da drenagem transversal sobre a drenagem longitudinal se atenuam com a diminuição do declive.

1.2 — Quantidade de água a escoar pela rede de drenagem.

Ao executar-se um projecto de enxugo é, evidentemente, necessário fixar um valor para a quantidade de água que deverá ser escoada pela rede de drenagem na unidade de tempo.

Porém, o grande número de factores a que se tem de atender, e a sua diversidade, dificultam bastante a escolha do valor a adoptar. Assim, a maior ou menor resistência das plantas a um excesso de água, obrigando a assegurar o seu escoamento num período de tempo variável, a época do ano em que as culturas ocupam o terreno, a distribuição das chuvas ao longo do ano, a intensidade e frequência das grandes chuvadas e tantos outros factores têm influência marcada sobre aquela

escolha, não sendo, portanto, muito de estranhar as diferenças que se verificam entre os números citados pelos vários autores.

FAURE [17:99] exprime do seguinte modo o volume de água a escoar por segundo e por hectare:

$$Q_1 = \frac{10000 h}{t} \left(1 - \frac{1}{n_1}\right),$$

sendo t o tempo, em segundos, em que se pretende assegurar o escoamento da altura total h da água caída (expressa em metros) e $\frac{1}{n_1}$ a fracção desta que não chega aos drenos.

É evidente que a fracção da água das chuvas que se infiltra no terreno depende da permeabilidade deste, do facto de estar ou não ocupado por uma cultura, do tipo de cultura e seu desenvolvimento, da configuração topográfica, da evaporação, etc., pelo que não é fácil a sua determinação.

Vários autores têm feito medições das quantidades de água escoadas por redes de drenagem estabelecidas em condições diversas, procurando relacionar os resultados com as precipitações atmosféricas, culturas, etc. São, por exemplo, interessantes, a este respeito, as experiências relatadas por NICHOLSON [41:117 e segs.], bem como as considerações que sobre elas faz este autor.

Dadas estas dificuldades, torna-se necessário recorrer a processos mais ou menos empíricos, que levam, em regra, a adoptar certos valores como sendo possivelmente os mais convenientes para os diversos casos, de acordo com as condições locais.

Assim, FAURE [17:104], admitindo para queda pluviométrica total na primavera $h=10$ cm, considera que não haverá prejuízos apreciáveis para as culturas se a rede de drenagem assegurar em 14 dias o escoamento de 74 % $\left(1 - \frac{1}{n_1}\right)$ daquele total; a substituição destes valores na expressão indicada conduz ao caudal de 0,61 litros por segundo e por hectare. No verão o perigo reside principalmente nas trovoadas, admitindo o mesmo autor que 40 % (por ser maior a evaporação nesta época) do volume de água correspondente a uma chuvada de 0,096 m deverá ser escoado em 7 dias; chega deste modo ao valor de 0,63 litros por segundo e por hectare.

Considerações semelhantes levaram vários autores europeus, como FRIEDRICH, RISLER e WERY, LÉVY-SALVADOR, etc., a preconizar valores compreendidos entre 0,6 e 1 litro por segundo e por hectare, conforme os terrenos, culturas e climas.

PICKELS [45:222], depois de se referir às dificuldades do problema devidas ao grande número de factores que entram em jogo, conclui que a escolha do valor a adoptar é puramente uma questão de apreciação pessoal dos registos das precipitações pluviométricas, da observação das condições locais e do estudo dos resultados obtidos em redes de drenagem já estabelecidas.

Este autor [45:83-84], bem como AYRES e SCOATES [2:135, 418] e outros, definindo *coeficiente* ou *módulo de drenagem* como sendo *a altura de água, em polegadas, sobre a área drenada, que deverá ser removida pelos drenos em 24 horas*, e considerando a grande importância que, entre os factores que nele influem, tem a precipitação pluviométrica, aconselham a adopção, pelo menos em primeira aproximação, de certos valores para aquele coeficiente. No Quadro I figuram

QUADRO I

Alturas pluviométricas anuais	Coeficiente de drenagem		Caudais
	polegadas	mm	l/s. ha.
Menos de 760	1/4 a 5/16	6,4 a 8,0	0,70 a 0,93
760 a 1000	5/16 a 3/8	8,0 a 9,5	0,93 a 1,10
1000 a 1300	3/8 a 1/2	9,5 a 13,0	1,10 a 1,50
1300 a 1500	1/2 a 1	13,0 a 25,5	1,50 a 2,95
Mais de 1500	1	25,5	2,95

os coeficientes aconselhados por estes autores, em função das alturas pluviométricas anuais, bem como a sua correspondência aproximada em unidades métricas e a conversão destes últimos valores em litros por segundo e hectare.

1.3 — Dimensões dos drenos. Declives.

Escolhido um valor para a quantidade de água a evacuar por segundo e por hectare, como acabamos de referir, e supondo fixada a distância entre drenos (I.4), cujo comprimento seja também conhecido, vejamos como seria possível a determinação do diâmetro.

Designando, como se fez no parágrafo anterior, por Q_1 o volume de água a evacuar por segundo e hectare, é evidente que uma linha

de drenos que deva assegurar a drenagem de uma superfície de área S terá de dar passagem ao caudal

$$(1) \quad Q = Q_1 S.$$

Considerando que o dreno, na secção em que tem de dar passagem a maior caudal (a do ponto de inserção com o colector) funciona cheio, o seu diâmetro d será dado por

$$(2) \quad Q = \frac{\pi d^2}{4} V.$$

A determinação do diâmetro implicaria, portanto, o conhecimento do valor da velocidade média V , o que constitui, porém, dificuldade grande, dadas as características especiais do movimento da água nos drenos, quando comparado com o que geralmente se verifica nos órgãos condutores de água mais usuais.

De facto, enquanto num condutor vulgar (tubo ou canal) toda a água que o percorre entra, em regra, na sua secção inicial, nos drenos as entradas de água fazem-se pelas juntas, que se distribuem ao longo de todo o seu comprimento a intervalos regulares de cerca de 30 cm. A água que entra em cada junta retarda a que já se encontra em movimento no dreno e as próprias soluções de continuidade das paredes nas juntas têm, também, influência retardadora, pelo aumento de atrito que representam, sendo ainda de considerar o efeito produzido por possíveis desvios de alguns dos pequenos tubos.

Os drenos têm, portanto, de dar passagem a um volume de água crescente de montante para jusante e o movimento, com as características especiais apontadas, deverá fazer-se sempre apenas sob a acção da gravidade, o que equivale a dizer que nunca os drenos deverão funcionar como condutas forçadas. A velocidade da água nos drenos, tal como nos canais, é governada pelo declive, pela rugosidade das paredes e pela forma da secção, a que se atende, em regra, considerando o raio médio ou raio hidráulico.

Do que fica dito se depreende que para a determinação da velocidade da água nos drenos se deverão usar fórmulas especiais.

Assim, PICKELS [45:152] e AYRES e SCOATES [2:415] preconizam o uso da fórmula estabelecida por YARNELL e WOODWARD [67], como resultado de numerosas e cuidadas experiências levadas a efeito em Arlington:

$$(3) \quad V = 138 R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}},$$

em que V é a velocidade média, em pés por segundo, R o raio médio, em pés, e I o declive.

Não deixaremos de notar que esta fórmula não é mais do que a fórmula de MANNING, em que se fixou o valor do coeficiente de velocidade.

FAURE [17:89], LÉVY-SALVADOR e FRICK [34:309], RISLER e WERY [51:160], etc., preconizam fórmulas do tipo da de VINCENT:

$$(4) \quad V = 3,59 \frac{a}{b} \sqrt{\frac{50 d h}{l + 50 d}},$$

em que d é o diâmetro dos drenos, l o seu comprimento, h a diferença de cota entre os seus extremos e $\frac{a}{b}$ um coeficiente de valor inferior à unidade e tanto mais pequeno quanto menor é o diâmetro.

Na Alemanha é frequente o emprego da fórmula de GIESELER:

$$(5) \quad V = 20 \sqrt{d I},$$

que resulta de se atribuir o valor constante 40 ao coeficiente da fórmula de CHÉZY.

A velocidade da água, calculada por uma das fórmulas indicadas ou por qualquer outra entre as preconizadas para o mesmo fim, deve, no entanto, ter valores compreendidos entre certos limites. Ultrapassado o limite superior, que em regra se considera como sendo de 1 m/s (podendo ser de 1,5 m/s nos colectores), haverá o risco de deterioração das paredes dos tubos; se não for atingido o limite inferior, que geralmente se considera um pouco superior a 0,20 m/s, não estará assegurado o transporte dos materiais sólidos em suspensão, que pela sua deposição poderão provocar um mau funcionamento dos drenos ou até o seu entupimento.

Em virtude de que numa linha de drenos, como se referiu, à medida que se caminha de montante para jusante, vai aumentando a quantidade de água a transportar, torna-se necessário que o seu diâmetro vá também aumentando ou que o seu comprimento seja limitado, terminando a linha de drenos quando a sua secção já não seja suficiente.

Ora, enquanto nos colectores o diâmetro vai variando de troço para troço (sendo possível calculá-lo pelo uso das expressões anteriores), nos drenos o diâmetro mantém-se geralmente com o mesmo valor por simplicidade e economia na colocação e aquisição, preferindo-se limitar o comprimento.

O limite a considerar para o valor do comprimento pode determinar-se do seguinte modo. Fixado um valor para o diâmetro, escolhe-se um declive de acordo com a topografia do terreno e de modo que a velocidade fique compreendida entre os limites que se referiram; então, as expressões (2) e (1) permitirão determinar a superfície S que deverá ser drenada pela linha de drenos em estudo. Porém, a área desta superfície é igual ao produto da distância entre duas linhas de drenos consecutivas, L , pelo comprimento das mesmas, l , isto é,

$$(6) \quad S = L l;$$

e, portanto, a cada valor de L corresponde um valor de l .

As expressões anteriores permitem a elaboração de tabelas e gráficos, que se encontram em quase todas as obras da especialidade, que relacionam os factores que nelas figuram, facilitando assim os cálculos.

Na prática, porém, não é em regra conveniente atingir os comprimentos máximos, aconselhando muitos autores que não se dê aos drenos comprimentos superiores a 150 ou 200 metros. Parece de facto preferível que, em vez de estabelecer linhas de drenos muito compridas, se não excedam os valores apontados, recorrendo-se a disposições especiais, para o que poderão ser utilizados colectores auxiliares.

Quanto ao diâmetro mais conveniente para os drenos, alguns autores, visando uma maior economia, preconizavam diâmetros de cerca de 2 a 3 cm.; mas, mais modernamente, considerando que o maior custo inicial dos tubos de diâmetros superiores é largamente compensado pela maior facilidade de conservação e por se tornar menos provável o seu entupimento, aconselham-se valores mais elevados do que aqueles.

Assim, FAURE [17:151] e RISLER e WERY [51:170] indicam como mínimo $d=4$ cm, ao passo que NICHOLSON [41:84] preconiza como valor mínimo $2\frac{1}{2}$ polegadas e JONES [26], AYRES e SCOATES [2:419], VAN VLACK e NORTON [64] e PICKELS [45:225] preferem aconselhar $d=4$ polegadas.

I.4 — Profundidade a que devem ser colocados os drenos. Distância entre as linhas de drenos.

Se bem que sejam vários os efeitos provocados pela drenagem de um terreno, é evidente que a sua principal finalidade é a de remover a água em excesso, pelo que a rede de drenagem deverá ser estabelecida de modo que o desenvolvimento das plantas não seja prejudicado

por se encontrar o lençol de água subterrânea demasiadamente próximo da superfície.

Não é, no entanto, fácil fixar o valor mínimo admissível para a profundidade do lençol de água, pois que ele varia com a cultura, quer pela sua maior ou menor resistência a um excesso temporário de água, quer pelas diferentes exigências dos sistemas radiculares das várias plantas, e a sua acção se faz sentir de modo diferente em climas e solos diversos.

Por outro lado, é igualmente evidente que a drenagem não deverá baixar demasiadamente o nível de água subterrânea, inibindo as plantas de um possível benefício nas épocas em que são escassas as disponibilidades de água.

FAURE [17:53], citando que não haverá inconveniente numa elevação momentânea do lençol de água, que, por exemplo, nos prados poderá chegar a 0,20 m da superfície do terreno, considera que em terrenos médios e climas temperados o nível médio das águas subterrâneas deve situar-se a uma profundidade não inferior a 0,80 m para a maioria das culturas anuais.

NICHOLSON [41:70] diz poder considerar-se que, se a água subterrânea se mantém a 3 pés da superfície, ou a 2 pés no caso dos prados, por mais de uma semana, as plantas sofrerão com o excesso de água.

SLATER [60] afirma que, em regra, as condições de desenvolvimento das plantas se podem considerar críticas se a água atinge a distância de 1 pé da superfície do terreno, mesmo que seja apenas por pequenos períodos.

NEAL [40] concluiu das suas observações que não haverá inconveniente para as plantas se os pontos mais elevados da superfície de saturação se mantiverem sempre 1 pé abaixo da superfície do terreno e 2 pés em 75 % do tempo. Diz ainda que as plantas também não sofrerão se aqueles pontos atingirem a distância de 6 polegadas abaixo da superfície do terreno se a rede de drenagem garantir uma descida da superfície de saturação à velocidade de 1 pé por dia na zona de 6 polegadas imediatamente mais profunda e de 0,7 pé por dia na terceira zona de 6 polegadas.

Muitas outras citações se poderiam fazer, mas cremos serem estas suficientes para dar uma ideia do problema, sua complexidade e consequente dificuldade de resolução.

Estabelecido o efeito que se pretende obter pela drenagem, há que estudar a maneira como ela deve ser realizada para que seja atingida a eficácia máxima.

Ora, a colocação de linhas de drenos paralelas, num dado terreno, produz uma modificação na forma da superfície de saturação e na altura atingida pelos seus pontos, que dependem da profundidade a que se estabelecem os drenos e da distância entre eles; sendo também evidente que, em igualdade destes dois valores (profundidade e distância), os efeitos variam com o terreno e com o clima.

Segundo GUSTAFSSON [18], as primeiras experiências sobre o nível freático numa terra drenada parece terem sido feitas por CLUTTERBUCK, em 1845, que notou ser curva a superfície da água entre dois drenos, estando o seu ponto mais elevado a meio da distância entre eles.

Poucos anos depois, o francês DELACROIX confirmou esta observação e concluiu, das experiências que realizou, que a posição da superfície do lençol de água varia ao longo do ano e que, quando aumenta a quantidade de água escoada pelos drenos, aquela superfície se eleva, aumentando também a sua inclinação média, bem como a distância que a separa dos drenos nas verticais que por estes passam, dando-se o inverso quando aquela quantidade diminui; concluiu ainda que a altura da superfície do lençol de água sobre os drenos e a sua inclinação variam com a natureza do terreno.

Depois destes autores, muitas têm sido as experiências e deduções feitas visando a determinação da forma da superfície do lençol de água num solo drenado, bem como o perfeito conhecimento do modo como se dá o movimento da água para os drenos, e factores que nele influem.

Assim, por exemplo, DUPUIT em 1863 [16:230 e seg.], bem como BOULANGER e LIMASSET, e em 1923 PORCHET [46], estabeleceram a equação da superfície do lençol freático em casos particulares de solos homogêneos; mais recentemente, HOOGHOUTD [23] determinou analiticamente a forma daquela superfície em regime permanente nalguns casos de solos heterogêneos bem definidos.

É porém conveniente notar que, dada a dificuldade de tratar o problema por via analítica devido às muitas influências praticamente impossíveis de atender, são os diversos investigadores levados a estabelecer numerosas hipóteses nem sempre facilmente aceitáveis. Assim, por exemplo, PORCHET, entre outros [54] [55], supõe na sua dedução que os drenos se podem considerar como assentes num fundo impermeável, por estar completamente saturado o terreno que está por baixo deles; ora, é sabido que esta hipótese se afasta muito da realidade, como aliás é bem evidente nos resultados das experiências que realizámos e que adiante apresentamos.

No entanto, não deixaremos de referir que REGAMEY [49:43-44] [50], comparando os resultados das suas observações de campo com os provenientes da aplicação das equações de DUPUIT e PORCHET, conclui que a deduzida por este último autor corresponde melhor às curvas observadas, podendo aceitar-se que da sua aplicação resulta uma precisão suficiente.

PORCHET, na obra citada, depois de mostrar que as expressões que deduz estão de acordo com as observações de campo e particularmente com as conclusões das experiências de DELACROIX, conclui que, se se pretender estabelecer uma rede de drenagem num terreno horizontal, homogêneo e de permeabilidade K , de modo a assegurar o escoamento de 1 l/s e por hectare, sendo h_0 a distância mínima à superfície do terreno a que a água poderá subir e η a altura capilar, se pode empregar a expressão

$$(1) \quad P = h_0 + \eta - \frac{0,00063246}{\sqrt{K}} L,$$

em que P é a profundidade a que deverão ser colocados os drenos e L representa metade da distância que separa dois drenos sucessivos.

Para tornar extensivos aos terrenos inclinados os resultados do seu estudo diz PORCHET que bastará, na prática, recorrer à fórmula deduzida em 1849 por BARRÉ DE SAINT-VENANT:

$$(2) \quad \delta = 2 (H - h - h_1) \frac{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta - \operatorname{tg}^2 \gamma}}{\operatorname{tg}^2 \beta - \operatorname{tg}^2 \alpha},$$

em que é o seguinte o significado dos símbolos:

- δ — distância entre drenos;
- H — profundidade dos drenos;
- h — profundidade mínima a que se deseja manter o lençol de água;
- h_1 — altura acima dos drenos das intersecções da superfície do lençol de água com os planos verticais que passam pelos seus centros;
- $\operatorname{tg} \alpha$ — declive máximo do solo, suposto plano;
- β — ângulo que a superfície do lençol de água faz com a horizontal (variável com a natureza dos terrenos);
- $\operatorname{tg} \gamma$ — declive dos drenos.

Das deduções de PORCHET se conclui que é

$$(3) \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{0,00063246}{\sqrt{K}}.$$

Alguns autores têm procurado determinar a distância entre drenos e a sua profundidade em função das características físicas do solo. Entre os trabalhos que seguem esta orientação referiremos um de NEAL [40], em que este autor afirma que a forma geral da superfície do lençol de água entre dois drenos é uma semi-elipse, não sendo, todavia, de vital importância o conhecimento da respectiva equação na execução do projecto de uma rede de drenagem, para o qual interessa fundamentalmente procurar conhecer a profundidade a que deverão estabelecer-se os drenos, bem como o respectivo afastamento, de modo a obter o maior benefício no desenvolvimento das plantas.

Neste seu trabalho, o autor ocupa-se particularmente do estudo da maneira como se dá o abaixamento do lençol de água, procurando relacioná-la com as características físicas do solo, bem como com a distância entre drenos e respectiva profundidade, baseando-se nas observações feitas durante quatro anos em quatro redes de drenagem já em funcionamento no Estado de Minnesota.

Destas observações resultou a conclusão de que os valores mais convenientes para a distância entre drenos e para a sua profundidade dependem fortemente da *porosidade não capilar* ⁽¹⁾ do solo, intimamente relacionada com o *equivalente de humidade* ⁽²⁾, permitindo-lhe estabelecer as expressões

$$(4) \quad T_s = \frac{10000}{(M_e)^{1,55}} \quad \text{e} \quad T_d = \frac{17,5}{(M_e)^{0,5}},$$

susceptíveis de fornecer os valores da distância entre drenos (T_s) e da profundidade (T_d), expressos em pés, em função do equivalente de humidade (M_e).

⁽¹⁾ Entende-se por *porosidade não capilar* ou *macroporosidade* a *percentagem, em relação ao volume aparente de solo, do volume dos espaços intersticiais maiores, nos quais é muito restrita a influência da força de retenção do solo para a água.*

⁽²⁾ O *equivalente de humidade*, devido a BRIGGS e McLANE [4] define-se como sendo a *humidade, expressa em percentagem do peso de solo seco, que uma amostra desse solo retém contra uma força centrífuga de 1000 vezes a força da gravidade, que exerce a sua acção durante 40 minutos.*

Com o fim de facilitar a execução prática do procedimento que aconselha, procurou ainda este autor relacionar o equivalente de humidade com os *limites de plasticidade de ATTERBERG* e com a percentagem de argila, tornando assim possível a determinação de T_s e T_d em função destes valores; das determinações laboratoriais efectuadas concluiu que, em média, os limites inferior e superior de plasticidade correspondem respectivamente a 70 % e 120 % do equivalente de humidade e que a percentagem de argila é aproximadamente igual a 1,25 vezes o equivalente de humidade ⁽¹⁾.

O autor deste interessante trabalho não deixa de frisar que os resultados a que chegou são provenientes de ensaios feitos num número muito restrito de casos e que, no estudo de uma rede de drenagem, têm de ser considerados, como factores determinantes da escolha da distância entre drenos e respectiva profundidade, o tipo de solo, o tipo de cultura e as condições climáticas.

Por também considerar que a eficácia de um sistema de drenagem é, sobretudo, caracterizada pela velocidade que provoca no abaixamento do lençol de água depois de uma chuvada, REGAMEY [49] [50] procurou estabelecer expressões que permitissem a previsão desse movimento em função das propriedades físicas do solo e das precipitações atmosféricas; as observações que efectuou, em terrenos que correspondiam bastante de perto às condições teóricas em que baseou as suas deduções analíticas, permitiram-lhe concluir pela confirmação das equações achadas com uma aproximação de 12 %.

Das expressões deduzidas com base na equação de PORCHET (que o autor verificou, como já referimos), destacaremos a equação de abaixamento da superfície freática num terreno homogéneo drenado:

$$(5) \quad h = \frac{h_0}{1 + \frac{8 K h_0 \Delta t}{\pi \mu E^2}} .$$

em que K ⁽²⁾ é o coeficiente de permeabilidade do terreno, μ ⁽³⁾ exprime a razão entre o volume de água móvel e o volume aparente

⁽¹⁾ É curioso referir que segundo ISRAELSEN (ROE [52:13]) também o valor médio do óptimo teor de humidade para um bom desenvolvimento das plantas é cerca de 70 % do equivalente de humidade.

⁽²⁾ Que o autor designa por *velocidade de filtração*.

⁽³⁾ Que o autor designa por *permeabilidade*.

do maciço filtrante, designando E a distância entre dois drenos sucessivos, h_o a altura, acima dos drenos, do ponto mais elevado da toalha freática no instante $t=0$ e h o seu valor ao fim do tempo Δt .

De (5) é possível deduzir-se a expressão

$$(6) \quad E = 1,60 \, h \sqrt{\frac{K}{\mu} \frac{\Delta t}{\Delta h}},$$

que permite determinar a distância a que deverão colocar-se os drenos em função de K , de μ e do abaixamento $\Delta h/\Delta t$ que se pretenda; este último valor deverá variar, segundo o autor, em função da natureza dos terrenos e das culturas, entre 5×10^{-7} e $1,5 \times 10^{-6}$ m/s quando o lençol de água atinge a superfície do terreno, isto é, quando h é igual à profundidade dos drenos.

Não são, no entanto, difíceis de prever numerosas dificuldades na aplicação prática das expressões deduzidas, sobretudo no que respeita às determinações de K , μ e $\Delta h/\Delta t$; não deixa o autor de o referir, bem como a necessidade de extensão do estudo feito a terrenos com características muito diversas, para que os conhecimentos teóricos possam constituir base útil para as realizações práticas.

Outros investigadores, ARONOVICI e DONNAN [1], DONNAN [15] ISRAELSEN [24:277-280], SLATER [60], têm procurado deduzir uma fórmula que permita determinar a distância entre drenos em função da permeabilidade do terreno, baseando-se na aplicação da lei de DARCY (II.1) ao escoamento lateral.

No caso de um terreno com permeabilidade uniforme assente sobre uma camada impermeável e horizontal, pode, segundo SLATER, essa fórmula escrever-se do seguinte modo:

$$(7) \quad S^2 = \frac{4P(b^2 - a^2)}{\nu}$$

em que os símbolos usados têm os seguintes significados:

S — distância entre drenos;

P — coeficiente de permeabilidade do terreno;

ν — altura de água que é necessário remover da superfície a drenar, na unidade de tempo;

- b* — distância entre a camada impermeável, situada abaixo dos drenos, e o ponto mais elevado da superfície do lençol de água;
a — distância vertical entre a camada impermeável e os centros dos drenos.

SLATER, que considera ser a principal vantagem desta fórmula a sua simplicidade bem como a facilidade com que se compreende a respectiva dedução (possível com o simples recurso à matemática elementar), refere o modo como se pode fazer a sua aplicação prática; entre as considerações feitas sobre a determinação dos valores que nela figuram, destacaremos os pontos de maior interesse.

Para *b* deverá tomar-se um valor igual ao da profundidade a que se encontra a camada impermeável, diminuída de 1 pé ⁽¹⁾, enquanto que para *a* será a mesma profundidade diminuída da distância a que se colocam os drenos da superfície do terreno. Quando não haja propriamente uma camada impermeável e a permeabilidade do terreno diminua com a profundidade, pode tomar-se como impermeável qualquer camada de «lenta» ou «muito lenta» permeabilidade (classificação de O'NEAL — II.3) e quando abaixo dos drenos se estenda uma zona de apreciável permeabilidade, diz SLATER que parece satisfatório supor *a* igual a 2 pés.

Quanto à profundidade de colocação dos drenos há que referir, em primeiro lugar, que o seu valor não deve, em princípio, ser inferior a cerca de 0,60 m, para que esteja garantida a sua protecção, nem superior a 1,50 m, para que não se torne demasiadamente dispendiosa a instalação; dentro destes limites a melhor profundidade será, segundo SLATER, a que conduz a um maior valor de *S* dado pela fórmula (7). No caso de existência de zonas de diferentes permeabilidades deverão os drenos ser colocados, em regra, na zona mais permeável que esteja situada entre os limites fixados pela economia e segurança.

Ao aplicar-se a fórmula (7) a terrenos com zonas de diferentes permeabilidades, o valor a adoptar para *P* deverá, segundo o autor, ser o correspondente à camada em que são colocados os drenos. É ainda necessário referir que *P* e *v* deverão, em todos os casos, ser expressos na mesma unidade.

Mais modernamente, alguns autores, como KIRKHAM [28], CHILDS [8], GUSTAFSSON [18], SCHWAB e KIRKHAM [59], etc., têm estudado

(1) Ver citação do mesmo autor feita na pág. 186.

o problema da drenagem recorrendo à distribuição de linhas equipotenciais e de corrente nos maciços porosos atravessados pela água, procurando obter, por vários processos, soluções da equação de LAPLACE. Nos capítulos seguintes apresentamos o estudo e experiências que realizámos seguindo esta orientação.

Considerando as dificuldades de resolução teórica do problema, principalmente por não haver com frequência concordância entre as condições reais em que se efectua a drenagem e as hipóteses feitas nas deduções teóricas, não deixam muitos dos autores de citar regras práticas ou de aconselhar valores médios a adoptar, nos diferentes casos, para a distância entre drenos e respectivas profundidades.

No que respeita à profundidade são mais concordantes os valores preconizados, pois que em regra a sua escolha se faz de modo a garantir a protecção dos drenos contra as baixas temperaturas e a obstrução pelas raízes, bem como a permitir a execução de lavouras profundas e um bom desenvolvimento das plantas.

Porém, se por um lado a colocação de drenos a profundidades relativamente grandes permitiria satisfazer estas condições, além de provocar um melhor arejamento das terras e levar os elementos fertilizantes a maior profundidade, por outro lado ela está condicionada pelo custo da abertura das valas; todavia, sob o aspecto da economia da instalação, torna-se necessário considerar o problema no seu conjunto, pois que uma maior profundidade dos drenos permite um maior afastamento entre eles.

É, no entanto, evidente que a profundidade a que devem ser colocados os drenos está também dependente do declive do terreno e da localização dos colectores, devendo estes estar a cota um pouco inferior à daqueles nos pontos de inserção.

Normalmente os drenos são colocados a profundidades variáveis entre 0,90 m e 1,20 m.

Entre as regras práticas a que nos referimos mencionaremos a citada por AYRES e SCOATES [2:412] e por SLATER [60]: *cada dreno dará escoamento à água de uma faixa de terreno cuja largura será de 1 pé para cada lado do dreno por cada polegada de profundidade a que ele seja colocado.*

Semelhante a esta é a regra citada por NICHOLSON [41:80], segundo a qual a largura daquela faixa será de 5 a 6 vezes a profundidade do dreno, para cada lado deste, nos terrenos ligeiros, 4 a 5 vezes nos terrenos médios e 2 a 3 nos argilosos. Este autor, no entanto,

chama a atenção para o facto de se usarem hoje em Inglaterra distâncias superiores às que se obtêm por esta velha regra.

Com o fim de dar uma ideia dos valores a adoptar para a profundidade a que deverão ser colocados os drenos e respectivos afastamentos, reunimos no Quadro II os limites usuais indicados por alguns autores, em que, evidentemente, os valores mais pequenos se referem a terrenos compactos e os maiores a terrenos ligeiros.

QUADRO II

Autores	Profundidades (m)	Afastamentos (m)
HERVÉ MANGON	0,90 a 1,30	7,00 a 15,00
JONES	0,70 a 1,20	12,00 a 60,00
AYRES e SCOATES	0,60 a 1,20	9,00 a 60,00
PICKELS		
reg. húmidas	0,60 a 1,20	15,00 a 30,00
reg. áridas	1,80 a 2,10	60,00 a 150,00
VAN VLAK e NORTON	0,75 a 1,20	9,00 a 60,00
NICHOLSON	0,60 a 1,80	7,00 a 36,00

Os valores aconselhados pelos diversos autores variam, para cada caso especial e entre os limites citados, principalmente com a natureza do terreno, se bem que também devam ser considerados outros factores que possam influir na sua escolha, tais como o tipo de cultura e o declive do terreno.

Assim, FAURE [17:141], RISLER e WERY [51:153] e LÉVY-SALVADOR e FRICK [34:308], aconselham os seguintes valores médios a adoptar para o afastamento entre drenos, quando estes sejam colocados a 1,25 m de profundidade (ou 1,00 m no caso dos prados) e o declive seja pequeno:

Terras argilosas compactas	10,00 a 12,00 m
Terras francas compactas	12,00 a 14,00 m
Terras francas ordinárias, contendo pedras ...	14,00 a 16,00 m
Terras francas arenosas	16,00 a 20,00 m
Terras arenosas com um pouco de argila	20,00 a 24,00 m
Terras arenosas ordinárias	24,00 a 30,00 m

O recurso a regras práticas ou a valores médios, como os que acabamos de citar, é preconizado pelos técnicos sempre que se trata da drenagem de pequenas zonas. Mas, quando a rede de drenagem a estabelecer interessa zonas de extensão apreciável, aconselha-se em regra que se recorra, sempre que seja possível, a ensaios que permitam escolher com maior segurança os valores a adoptar.

Quanto à profundidade, já referimos como se faz geralmente a sua escolha atendendo aos diversos factores que há que considerar; no entanto, pode nalguns casos ser útil a observação das exsudações que se verificam nas paredes de valas de ensaio abertas para esse fim [38:323].

A escolha da distância entre drenos pode fazer-se com base na determinação, por observações feitas em furos verticais convenientemente dispostos, da distância a que é sensível a influência de uma vala de ensaio, aberta com a direcção e profundidade que se pretenda dar aos drenos, sobre a superfície do lençol de água subterrânea. É o processo já preconizado no século passado por H. MANGON, segundo referem LÉVY-SALVADOR e FRICK [34:306], citado por diversos autores e também descrito por MAYER [38:324-326].

Certos terrenos são de tal maneira modificados pela drenagem, alterando-se de modo apreciável a sua permeabilidade, que alguns autores, como por exemplo LÉVY-SALVADOR e FRICK [34:307], aconselham que se faça a colocação dos drenos com afastamento superior ao indicado pelos ensaios, prevendo a sua correcção pela intercalação de outras linhas de drenos nas zonas em que se tornem necessárias depois de decorridos alguns anos.

Compreende-se portanto que, ao tratar-se da drenagem de grandes zonas, se estabeleçam por vezes, com certa antecendência, campos de ensaio em que se colocam linhas de drenos com afastamentos diferentes e se registam diáriamente as oscilações que sofrem os lençóis de água, utilizando furos de observação e aparelhagem adequada; mas já referimos ser este sem dúvida um processo muito dispendioso e em que é inevitável a demora com que se atinge o resultado final, pelo que só em casos muito especiais será possível a ele recorrer.

Ao terminarmos este capítulo, referiremos ainda que a eficiência de uma rede de drenagem é afectada por outros factores, além dos que acabamos de citar.

Assim, para que o seu funcionamento seja satisfatório é necessário que os drenos encontrem os colectores segundo ângulos agudos ou,

quando isso não seja possível, que a ligação se faça por meio de curvas suaves; a inserção deverá fazer-se a cota superior à máxima atingida pela superfície da água no colector.

O modo como é feito o assentamento dos drenos e a grandeza dos intervalos que separam os pequenos tubos que os constituem, por onde a água neles penetra, são também factores que condicionam o escoamento [32].

II — Movimento da água no solo

O estudo do movimento da água no solo é bastante complexo em virtude do grande número de factores que há que considerar. De facto, não só os solos apresentam aspectos muito variados quanto à sua constituição, como as condições em que se dá o movimento da água variam de caso para caso.

Se o movimento se dá numa zona de terreno, completamente saturada de água, compreendida entre duas camadas impermeáveis, de tal modo que em qualquer dos seus pontos a pressão é superior à pressão atmosférica, diremos que estamos em presença de um lençol de água *artésiana*.

Se a zona do terreno em que se dá o movimento é limitada superiormente pela superfície livre do solo, ocupando a camada aquífera a sua parte inferior, sobre a superfície desta actuará a pressão atmosférica e pode dizer-se, por semelhança com o movimento da água nos canais, que há uma superfície livre, designando-se o lençol de água por *freático*.

Neste último caso (único de que nos ocuparemos) o terreno que está abaixo do nível freático encontra-se completamente saturado e, devido aos movimentos capilares que se dão na zona superior, não há separação nítida entre as zonas que estão acima e abaixo daquele nível. A verdadeira posição do nível freático é fornecida pelo valor da pressão, que nele iguala a pressão atmosférica, enquanto que na franja capilar, que sobre ele se eleva, o seu valor é inferior em virtude da tensão superficial.

Compreende-se que variações no valor da pressão atmosférica e mudanças de temperatura são susceptíveis de fazer variar a profundidade do nível freático, em consequência da sua acção sobre o ar e a água contidos na zona superior do solo.

Sendo difícil definir nitidamente a superfície que separa a zona de completa saturação da zona não saturada e sabido que, à medida que se consideram pontos mais próximos do nível freático, vai sendo menor a quantidade de ar interposto, é também fácil de compreender que a adição de pequenas quantidades de água à zona superior produza variações relativamente grandes no nível freático, como KING mostrou experimentalmente [39:32].

Na impossibilidade de atender a todas as características de um solo que intervêm no movimento da água que o atravessa, são os investigadores levados a admitir determinadas simplificações que, se bem que com frequência se afastem da realidade, permitem estabelecer as leis gerais que regem o movimento.

Assim, no presente capítulo, admitiremos em regra que o solo é um maciço poroso homogêneo, isotrópico e praticamente desprovido de colóides, o que constitui hipóteses apenas verificáveis em casos certamente muito raros. No entanto, este material ideal permite a realização de experiências laboratoriais e as conclusões que se podem tirar do estudo baseado em tais hipóteses são elementos de orientação úteis no tratamento de problemas práticos concretos.

Por outro lado, o movimento da água é governado por uma combinação complexa de forças, em que há a considerar, além da força da gravidade, outras que, genericamente, se podem designar por *forças de atracção do solo para a água*.

No estudo do movimento da água no solo convém distinguir entre o movimento que se dá em solos não saturados e o que se verifica em solos saturados, pois que, como se verá no que se segue, com as condições de saturação variam as forças responsáveis pelo movimento e a facilidade com que o solo permite que ele se realize.

A) Solos não saturados

O movimento da água em solos não saturados é largamente influenciado por factores não particularmente activos no movimento que se dá em solos saturados; entre esses factores tem papel proeminente a tensão superficial.

Com frequência se considerou a existência no solo de feixes de tubos capilares constituídos por elementos dos espaços intersticiais, admitindo-se o movimento da água nos solos por capilaridade.

De acordo com esta hipótese e supondo a existência no solo de um lençol de água a certa profundidade, deveria dar-se um movimento ascensional que atingiria aproximadamente a altura $h=0,3/d$ cm (em que d é o diâmetro do tubo capilar), segundo a equação que rege a subida da água em tubos capilares. Todavia os valores de h calculados por esta fórmula, aplicada a diversos tipos de solos, não estão de acordo com a realidade, como tem sido verificado por diversos investigadores. Note-se, no entanto, que não é grande o erro que se comete no caso de areias homogêneas.

Assim, num solo em que o lençol de água se encontra a uma profundidade menor do que o valor de h correspondente ao diâmetro das suas partículas, e cuja superfície esteja sujeita à evaporação, deveria notar-se um abaixamento progressivo do nível freático. Mas KEEN [27], em Rothamsted, mostrou experimentalmente que esse abaixamento se torna praticamente insensível muito antes do que seria de esperar de acordo com aquela expressão, sendo, todavia, os resultados dependentes dos tipos de solos.

De facto, mesmo que apenas indirectamente se atenda à variabilidade dos diâmetros das partículas e à irregularidade dos espaços intersticiais (de acordo com a hipótese de se considerar o solo formado por tubos capilares de diâmetro d), a verdade é que nem só as forças de tensão superficial influem na atracção da água pelo solo, sendo muito importante o papel desempenhado pela presença de coloides no solo, cuja afinidade para a água apresenta características particulares.

Em 1907, BUCKINGHAM [5] comparou o movimento da água no solo ao da electricidade (ou da temperatura) num condutor, introduzindo as noções de *potencial capilar* e de *condutibilidade capilar* por semelhança com o *potencial eléctrico* (ou *térmico*) e *condutibilidade eléctrica* (ou *térmica*).

Como se sabe, num campo de forças conservativas, o *potencial num ponto* é igual ao trabalho necessário para mover a unidade de massa, contra aquelas forças, e apenas contra elas, desde um nível de referência, que se considera com o potencial zero, até esse ponto. O potencial é, pois, o produto de uma distância pela força por unidade de massa.

Se considerarmos uma coluna de solo contida num tubo cuja extremidade inferior esteja mergulhada num reservatório com água, verifica-se um movimento ascensional desta até que se atinge uma posição

de equilíbrio. A definição de potencial aplicada a um ponto qualquer da água na coluna permite definir o *potencial capilar*, introduzido por BUCKINGHAM para medição das forças de atracção do solo para a água, como sendo *o trabalho necessário para deslocar verticalmente, até esse ponto, a unidade de massa de água desde o nível da superfície livre da água no reservatório (tomado como referência), apenas contra as forças de atracção do solo para a água.*

Considerando a força da gravidade que actua sobre a unidade de massa colocada naquele ponto, poderíamos de modo análogo definir o *potencial gravitacional* que, por o sistema estar em equilíbrio, terá de ser igual e de sinal contrário ao anterior.

A pressão hidrostática que se exerce sobre a água no ponto considerado será necessariamente negativa (por se ter tomado para plano de referência a superfície livre da água no reservatório), dizendo-se que a água está sujeita a uma pressão negativa ou a uma tensão, que pode ser expressa pela altura em centímetros de uma coluna de água que exerce pressão unitária equivalente. É fácil de verificar que, usando o sistema C. G. S., esta altura multiplicada por $-g$ dá o valor numérico do potencial capilar.

Portanto, em vez de exprimir a atracção do solo para a água pelo potencial capilar, é possível exprimi-la pelo valor correspondente da tensão da água no solo, que por seu turno pode ser dada pela altura de uma coluna de água que exerce pressão unitária equivalente.

SCHOFIELD [58], de acordo com estas noções e procurando medir a energia com que um solo retém a água, avaliou as percentagens de humidade retidas numa amostra contra a acção das forças de sucção e designou por pF o logaritmo da altura, em centímetros, da coluna de água de peso equivalente à sucção aplicada. Deste modo se obtêm curvas (curvas de pF) que indicam a variação das forças de atracção de um solo para a água com o teor de humidade.

Entre dois pontos de um solo a que correspondem valores diferentes de pF haverá tendência para o movimento da água, mas este não dependerá apenas da existência necessária do gradiente de pF , mas também da facilidade com que o solo permite o movimento, que se pode designar por *permeabilidade* ou *condutibilidade* desse solo. Porém, a permeabilidade ou condutibilidade de um solo depende do seu teor de humidade.

De facto, várias experiências têm mostrado que o movimento da água num solo se torna muito lento, deixando de ser apreciável sob o ponto de vista prático, quando a percentagem de humidade desce

abaixo de certo limite; resultados experimentais permitem verificar que, para um teor de humidade pouco inferior à *capacidade de campo* ⁽¹⁾, a condutibilidade tende a anular-se. BOTELHO DA COSTA [11], depois da análise pormenorizada que faz sobre este problema, diz que «*pode tomar-se como conclusão, generalizável a qualquer movimento da água em solo insaturado, que a deslocação de água só pode ser relativamente rápida se tanto o gradiente do pF como a condutividade forem relativamente elevados*».

É também sabido que, enquanto o potencial é uma grandeza escalar, o *gradiente de potencial* é uma grandeza vectorial, cujo valor absoluto se pode achar, de maneira aproximada, dividindo a diferença de potencial entre dois pontos pela distância que os separa; obtém-se, assim, a intensidade da força média por unidade de massa.

O movimento da água entre dois pontos de um solo é condicionado pela permeabilidade ou condutibilidade do solo e pela força que provoca o movimento, cuja intensidade é dada pelo valor absoluto do gradiente de potencial.

Quando o movimento resulta da acção simultânea da força da gravidade e das forças de atracção do solo para a água, este gradiente será a soma vectorial dos gradientes do potencial capilar e do potencial gravitacional e o movimento efectua-se na direcção em que ele actua.

O estudo do movimento da água no solo, encarado deste modo, leva a aplicar a expressão generalizada que traduz a lei de DARCY, II.4 (6), que, como adiante se refere, se estabeleceu para o movimento em solos saturados, aos movimentos da água dita capilar na classificação de BRIGGS. ⁽²⁾

Por isso, ROE [52:111-126] diz ser provável que se possa supor na prática (se bem que algumas modernas investigações levantem objecções a tal hipótese) que, quer nos solos saturados, quer nos solos não saturados, o escoamento da água obedece à lei de DARCY, com algumas

⁽¹⁾ *Capacidade de campo* pode definir-se como sendo a *percentagem de humidade que um solo retém, depois de ter drenado o excesso de água gravitacional e de o movimento de cima para baixo ter decrescido substancialmente*.

⁽²⁾ Segundo a classificação de BRIGGS a *água capilar* forma películas contínuas em volta das partículas terrosas e nos espaços capilares, sendo retida com força superior à gravidade e podendo deslocar-se no estado líquido.

modificações no caso dos solos não saturados; e, assim, cita que ISRAELSEN, discutindo teòricamente o movimento capilar, conclui que a lei de DARCY deverá neste caso escrever-se do seguinte modo:

$$q = k_s \left(\frac{\psi}{L} + \cos A \right)$$

em que:

q — volume escoado através da unidade de área de secção na unidade de tempo;

k_s — coeficiente de permeabilidade ou condutibilidade;

ψ — potencial capilar;

L — comprimento da coluna de solo;

A — ângulo que a direcção do movimento faz com a vertical descendente.

As principais dificuldades na aplicação prática desta expressão residem nas determinações, sempre difíceis, dos valores a adoptar para k_s e ψ , especialmente para o primeiro, sobre que ROE dá algumas indicações úteis na obra citada.

ISRAELSEN [24:237] refere também que a lei de DARCY é provavelmente aplicável a muitos solos insaturados quando a percentagem de humidade tem um valor próximo do que corresponde à capacidade de campo.

Convém ainda referir que o valor do coeficiente de permeabilidade varia com o tempo, sob a influência de numerosas causas; do estudo desta variação se têm ocupado alguns investigadores, como CHRISTIANSEN [10], DELLENBACH [12] e BOURRIER [3].

Como se verá no capítulo seguinte, é fácil estabelecer a analogia entre a lei de DARCY e a lei de OHM, referente à condução eléctrica, e de modo semelhante se poderia estabelecer a analogia com a lei de FOURIER relativa à condução do calor. Estas analogias aplicadas ao movimento da água capilar têm sido utilizadas experimentalmente por vários investigadores.

Porém, há que notar que se a condutibilidade específica de um condutor eléctrico (ou térmico) se pode considerar constante, o mesmo não sucede com a condutibilidade do solo, que depende do teor de humidade. A este respeito BOTELHO DA COSTA [11] cita o seguinte exemplo elucidativo, referido por RUSSELL [56]: «*enquanto que entre dois pontos de uma barra metálica às temperaturas de 20° a 25° C. a velocidade de*

transferência do calor é igual à que se verificaria se a temperatura fosse de 45° e 50° C., num solo a velocidade com que se efectua o movimento da água entre dois pontos nos quais a tensão seja, respectivamente, 2 e 4 centímetros de mercúrio, será muito maior do que entre os mesmos dois pontos quando as suas tensões sejam de 12 e 14 centímetros de mercúrio, embora a diferença de potencial seja a mesma nos dois casos».

B) Solos saturados

II.1 — Lei de Darcy.

Em 1840 o físico alemão HAGEN e, um ano mais tarde, o médico francês POISEUILLE deram conhecimento dos estudos que realizaram, independentemente um do outro, sobre o movimento dos líquidos em tubos capilares. Talvez porque o estudo de POISEUILLE tenha sido mais completo, as conclusões daqueles trabalhos são com frequência conhecidas por *leis de Poiseuille* e o movimento sem turbulência é designado por alguns autores por *regime de Poiseuille*.

Segundo as conclusões daqueles estudos, no regime de POISEUILLE o caudal q que passa numa conduta de secção circular é proporcional ao peso específico do líquido γ , à perda de carga unitária i , à quarta potência do diâmetro da conduta D , e ao inverso da viscosidade μ .

Isto é,

$$(1) \quad q = \frac{\pi}{128} \frac{\gamma i D^4}{\mu},$$

tendo a velocidade média V o valor

$$(2) \quad V = \frac{q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{1}{32} \frac{\gamma D^2}{\mu} i.$$

Portanto, a velocidade média com que um dado líquido se desloca num tubo é proporcional à perda de carga unitária, desde que não seja atingido o valor da velocidade a partir do qual haverá turbulência.

Ora, a filtração da água através de um sistema permeável, constituido por elementos muito pequenos, pode assemelhar-se ao movimento que se daria num feixe de tubos capilares, passando o líquido entre os

elementos como através de tubos, com dimensões muito reduzidas, de paredes constituídas em parte pelas superfícies das partículas sólidas e na restante parte por líquido imóvel ou quase imóvel.

Nestas condições, parece lícito aplicar à passagem da água através de um sistema filtrante as leis de POISEUILLE, e dizer que a velocidade de filtração deverá ser proporcional à perda de carga unitária.

Com esta conclusão concordam os resultados das experiências realizadas por HENRY DARCY, ao estudar o movimento da água através de areias filtrantes.

Das conclusões tiradas destas experiências — que DARCY publicou, em 1856, no seu trabalho intitulado *Les fontaines publiques de la ville de Dijon* — resultou uma lei, geralmente conhecida por *Lei de DARCY*, segundo a qual o caudal Q que passa através de uma coluna de areia é directamente proporcional à área da sua secção transversal A (perpendicular à direcção do movimento), à diferença de cargas H applicadas às secções extremas e ao inverso do seu comprimento l .

Analiticamente, pode esta lei escrever-se do seguinte modo:

$$(3) \quad Q = K A \frac{H}{l}$$

ou, por ser $V = Q/A$,

$$(4) \quad V = K \frac{H}{l} = K i.$$

A V , quociente do caudal pela área total — incluída, portanto, a parte ocupada pelos elementos sólidos — chamaremos *velocidade de filtração* ⁽¹⁾, sendo o seu valor sempre inferior ao da velocidade com que a água se desloca, na realidade, nos pequenos canais do meio poroso.

Ao coeficiente de proporcionalidade K dá-se o nome de *coeficiente de permeabilidade* ou apenas *permeabilidade*, grandeza que, pela sim-

⁽¹⁾ Nem todos os autores designam deste modo a velocidade V , dada por aquele quociente; assim, por exemplo, CHILDS e COLLIS-GEORGE [9:246] chamam-lhe *velocidade efectiva* e TERZAGHI [62:237-238] *velocidade de descarga*, reservando este autor a designação de *velocidade de filtração* para a *velocidade média com que viajam as partículas de água numa direcção paralela às linhas de corrente*, que, em virtude da água ocupar apenas um volume n por unidade de volume do solo, se obtém dividindo aquela velocidade V por n .

ples inspecção da expressão anterior, se vê ter as dimensões de uma velocidade.

É evidente que no valor deste coeficiente de proporcionalidade, que (como já foi dito a propósito do movimento nos solos não saturados) exprime a facilidade com que o solo se deixa atravessar pela água, deverão intervir as propriedades físicas do líquido e as características geométricas do meio filtrante; quanto às primeiras, admitindo-se que o movimento se faz sem turbulência, bastará tomar em consideração a viscosidade, mas, quanto ao modo como as características geométricas do meio deverão ser introduzidas na equação do movimento,

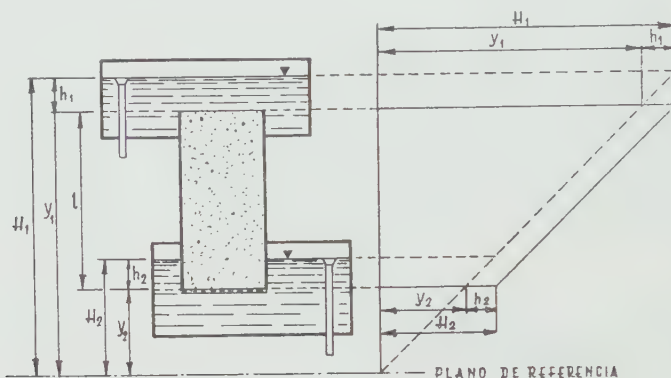


Fig. 2

não há absoluto acordo entre os diversos autores. Por agora, limitamo-nos a notar que a permeabilidade é uma característica global do conjunto *líquido-meio filtrante*.

Outras formas podem ser dadas à expressão que traduz a lei de DARCY:

Assim, consideremos uma amostra de material filtrante que é atravessada por água nas condições do esquema da Fig. 2.

A carga hidrostática sofrerá ao longo do comprimento l da amostra uma diminuição de valor dada por

$$H_1 - H_2 = (h_1 + y_1) - (h_2 + y_2) = h_1 - h_2 + l.$$

A sua variação por unidade de comprimento será

$$\frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{H}{l} \quad i.$$

De uma maneira geral, poderemos dizer que, considerando um elemento de trajectória dl , a variação de carga hidrostática ao longo de dl será

$$dH = \frac{\partial H}{\partial l} dl,$$

e a perda de carga unitária terá o valor

$$i = - \frac{\partial H}{\partial l}.$$

A expressão que traduz a lei de DARCY poderá, portanto, escrever-se também do seguinte modo:

$$(5) \quad V = -K \frac{\partial H}{\partial l}.$$

Admite-se no tratamento analítico dos problemas de movimento da água através de materiais filtrantes que V e $\partial H/\partial l$ são funções contínuas dos pontos do campo ocupado pelo material aquífero.

II.2 — Limites de aplicação da lei de Darcy.

Muitos têm sido os trabalhos dedicados a verificar os limites de validade da lei de DARCY e algumas as fórmulas propostas para a substituir ou completar.

Assim, FORCHHEIMER, KRÖBER e outros, como resultados de experiências que realizaram, apresentam fórmulas em que a velocidade de filtração não é directamente proporcional à perda de carga; admitem a existência de certa turbulência.

Sucede, porém, que, nos casos da prática, devido às pequenas dimensões dos poros, se pode considerar excluída a turbulência. De facto, sendo assim, deverá o movimento depender directamente da viscosidade do líquido e, na realidade, verifica-se experimentalmente que, variando a temperatura, o caudal que atravessa um sistema permeável varia na razão inversa da viscosidade, como sucede ao caudal que passa num tubo capilar de acordo com as leis de POISEUILLE [14:319].

No entanto, convém notar que pode haver turbulência em porções do material filtrante constituídas apenas por elementos grosseiros ou devido a condições especiais criadas em zonas restritas.

Em virtude da irregularidade e natureza dos canais em que a água se desloca nos meios porosos, a passagem do movimento laminar a turbulento faz-se gradualmente, não sendo fácil determinar valores que os limitem.

MUSKAT [39:67], procurando averiguar os limites de aplicação da lei de DARCY, depois de recorrer à análise dimensional e às conclusões das experiências de vários autores, acaba por concluir que: *«it will suffice to accept as a safe lower limit where deviations from Darcy's law will become appreciable as given by a Reynolds number of 1, with d chosen as any reasonable average diameter of the sand grains»*.

DE MARCHI [14:324], fazendo notar que numa determinação rigorosa dos limites de aplicação da lei de DARCY há necessariamente que considerar as dimensões dos poros (ou dos elementos sólidos), refere que, em face dos resultados experimentais de diversos autores, para temperaturas de cerca de 15° C. aquela lei deixa de se verificar exactamente a partir de velocidades de filtração compreendidas entre 0,3 e 0,4 cm/s.

Em resumo, pode dizer-se que a lei de DARCY só é rigorosa para pequenas velocidades de filtração, deixando de o ser quando o movimento passa ao regime turbulento.

Alguns autores se têm também preocupado com a verificação da lei de DARCY para os movimentos em que os gradientes são muito pequenos.

Assim, PORCHET [46] realizou uma série de experiências para valores de gradiente inferiores à unidade, concluindo que elas não só constituíram uma verificação mais precisa daquela lei do que as experiências do próprio DARCY, como permitem torná-la extensiva a gradientes inferiores à unidade e mesmo muito fracos.

MEINZER e FISHEL, tendo realizado experiências com areias finas, dizem que a lei se verifica para valores de gradiente entre 5 % e 0,4 %, *«havendo indicações de que continua a verificar-se para gradientes indefinidamente pequenos»* [61:25].

Embora, segundo experiências recentes dalguns autores, haja um limite inferior para o gradiente, na prática, certamente, ele pode considerar-se muito próximo de zero.

Segundo DE MARCHI [13:176], em primeira aproximação, o campo de validade da lei de DARCY pode ser definido em função da permeabilidade, de acordo com os diagramas apresentados por SICHARDT e reproduzidos por aquele autor.

Ao discutir o rigor de aplicação da lei não se deve deixar de ter presente a natureza dos problemas a que ela se aplica, não esquecendo, pois, que é sempre difícil o conhecimento perfeito do material filtrante, que este raramente é homogêneo, que a determinação da permeabilidade é sempre difícil e imperfeita, etc.

No entanto, atendendo a que as aplicações da teoria das águas filtrantes não são quantitativamente exactas, devido às hipóteses que é necessário fazer em cada caso, no estudo que se segue consideraremos sempre aplicável a expressão de DARCY, de acordo com a opinião de MUSKAT, que considera preferível a aplicação daquela lei à de outras que tomam aspectos tão complexos, quando cuidadosamente expressos, que inibem o prosseguimento das deduções ou generalizações [39:69].

II.3 — Permeabilidade; sua determinação.

O conhecimento da permeabilidade de um terreno é da maior importância em qualquer estudo sobre o movimento da água que o atravessa.

Depois que TERZAGHI, em 1925, lançou as bases da *Mecânica do Solo*, é a permeabilidade também incluída no grupo das características fundamentais do solo necessárias ao seu conhecimento sob o ponto de vista mecânico, seja qual for o fim visado.

O grande número e importância dos problemas para que se torna imprescindível o conhecimento da permeabilidade tem levado muitos investigadores a procurar métodos para a sua determinação. Das numerosas definições de permeabilidade, unidades para ela adoptadas e métodos usados na sua determinação dá uma síntese bastante completa o engenheiro SOUSA TAVEIRA numa recente publicação [61].

MUSKAT [39:72] usa um coeficiente de permeabilidade k para caracterizar as propriedades dos meios porosos independentemente do fluido; este coeficiente está relacionado com o de DARCY pela expressão $K = k \gamma g / \mu$, em que γ é a densidade do fluido, μ a sua viscosidade e g a aceleração da gravidade. O uso deste coeficiente de permeabilidade torna-se conveniente quando se pretendem estudar movimentos de fluidos diversos, o que não é o caso que nos ocupa; de facto, sendo a água o fluido que nos interessa, e atendendo a que, para as temperaturas geralmente encontradas no terreno, os respectivos valores da velocidade e do peso específico são quase constantes, no estudo da filtração da água através dos meios porosos naturais considera-se, em regra, o coeficiente K .

Como já se referiu, o coeficiente de permeabilidade da expressão de DARCY, único de que nos ocuparemos, depende não só da viscosidade do líquido como das características do meio filtrante, o que levou muitos investigadores a procurarem determinar aquele em função destas.

Assim, HAZEN, na segunda metade do século passado, procurando determinar, a partir dos resultados de experiências feitas com areias, os factores que influem naquele coeficiente, viu-se forçado a introduzir a noção de *diâmetro efectivo* das partículas, que definiu como sendo um diâmetro tal que 10 %, em peso, da areia considerada têm grãos de diâmetro inferior a ele e os restantes 90 % têm diâmetro superior. Considerou, também, um *coeficiente de uniformidade* para atender às variações na proporção de partículas grossas e finas, que definiu como sendo a razão entre o diâmetro do grão tal que 60 % do material da amostra é constituído por grãos de diâmetro inferior a ele e o respectivo diâmetro efectivo.

Porém, a expressão a que HAZEN chegou, introduzindo ainda uma correcção para atender à variação de viscosidade da água com a temperatura, só é aplicável para coeficientes de uniformidade inferiores a 5 e valores de diâmetro efectivo entre 0.1 e 3 mm.

Anos depois, SLICHTER, baseando-se em deduções analíticas e supondo que o movimento laminar se dava através dum material ideal constituído por grãos de igual diâmetro e de tal modo que daria passagem ao mesmo caudal que o material filtrante real, apresentou nova expressão para o cálculo do caudal que passa através de um maciço poroso. Nesta expressão figura, além de factores que atendem à porosidade e à viscosidade (tal como na de HAZEN), a segunda potência de um diâmetro, que neste caso é o diâmetro comum das partículas que formam o material ideal.

Depois destes autores, vários outros têm apresentado expressões tendentes a resolver o mesmo problema, estabelecendo hipóteses diversas e efectuando experiências sobre vários materiais, escolhidos, em geral, de forma a aproximarem-se o mais possível do caso prático que mais os preocupava.

Entre os investigadores que a este problema dedicaram a sua atenção figura TERZAGHI, que estabeleceu fórmulas semi-empíricas destinadas a exprimir a permeabilidade de areias e argilas. No decorrer dos seus trabalhos verificou que a lei de DARCY é também válida para argilas em determinadas condições.

SOUSA TAVEIRA, no trabalho citado, depois da apresentação das fórmulas que têm sido deduzidas pelos vários autores e frisando que a

escolha de qualquer delas deve ser feita em função do problema que se pretende resolver, devendo preferir-se a que tenha sido estabelecida para o caso mais parecido, conclui que se poderá representar o coeficiente de permeabilidade por um produto de funções, exprimindo cada uma a influência de determinada característica. As características que considera são: temperatura (t), porosidade (p), tamanho dos grãos (d) e sua forma (f). Isto é,

$$K = f_1(t) \cdot f_2(p) \cdot f_3(d) \cdot f_4(f).$$

A temperatura intervém pelas variações que provoca na viscosidade da água.

A porosidade tem uma grande influência na permeabilidade, mas o modo como ela é tomada em consideração pelos diversos autores varia, devido, certamente, em grande parte, à diversidade de materiais utilizados nas experiências.

A influência do tamanho dos grãos aparece na maioria das fórmulas sob a forma da segunda potência de um diâmetro característico dos grãos, o qual varia de autor para autor.

Quanto à forma dos grãos ela é considerada de maneira mais ou menos vaga por grande parte dos investigadores, tendo entre eles FAIR e HATCH introduzido a noção de *coeficiente de forma*, que determinaram para diferentes formas dos grãos de areia.

Além do processo indirecto de determinação da permeabilidade, que constitui a aplicação de qualquer das fórmulas a que acabamos de fazer referência, existem métodos directos de laboratório e de campo, sendo estes em regra preferíveis àqueles.

Entre os primeiros contam-se os métodos baseados na capilaridade, que, sendo de execução rápida, são pouco rigorosos.

A maioria dos métodos de laboratório consiste, nas suas linhas gerais, em tomar uma amostra do material cuja permeabilidade se quer determinar, colocá-la num aparelho apropriado — *permeâmetro* — e medir o caudal que a atravessa. Se a carga sob que se faz o escoamento for constante, o seu valor, juntamente com as dimensões da amostra e o caudal medido, permitem a determinação de K pela aplicação directa da expressão de DARCY.

Também se utilizam, nos ensaios de laboratório, permeâmetros de carga variável, dos tipos usados por THEIS, TERZAGHI, etc., e ainda permeâmetros em que não há descarga. Para uns e outros existem fór-

mulas apropriadas, de dedução fácil, para a determinação do valor do coeficiente de permeabilidade.

Nos laboratórios de *Mecânica do Solo* usa-se, com frequência, para a determinação da permeabilidade em solos argilosos, cujo valor é muito baixo, o *edómetro*, aparelho idealizado por TERZAGHI para o estudo da relação que liga as tensões com as deformações por elas provocadas numa amostra de solo. Os ensaios com este aparelho, que, por ser lento o movimento da água, se prolongam em regra por vários dias, permitem determinar sobre uma amostra de solo valores de K , utilizados depois na construção de gráficos que os relacionam com a porosidade e as pressões utilizadas nos ensaios. A fórmula a usar na determinação de K é a dos permeâmetros de carga variável.

Para que estes métodos de laboratório conduzissem a resultados precisos, seria necessário que as experiências se realizassem em condições análogas às naturais e que a amostra do material não tivesse sido perturbada na sua colheita e colocação no aparelho, o que é praticamente impossível conseguir. Deve, no entanto, dizer-se que sondas especiais podem ser utilizadas na colheita das amostras para atenuar os erros devidos às perturbações do material.

Finalmente há que citar os métodos que utilizam medições feitas no campo.

Deste grupo fazem parte os métodos que consistem, nas suas linhas gerais, na medição da velocidade com que a água se desloca numa camada aquífera, pela utilização de substâncias adequadas, cuja presença seja fácil de assinalar, lançando-as em determinado ponto e medindo a distância que o separa de um poço de observação, bem como o tempo gasto até que a substância usada atinja este.

Com este fim usam-se, em regra, substâncias dissolvidas na água e cuja presença é assinalada pela cor (ex. permanganato de potássio) — *métodos colorimétricos* — ou por ensaios químicos ou físicos (ex. cloreto de amónio) — *métodos salinos*. Entre os últimos figura o *método electrolítico* ou de SLICHTER, que se baseia na variação da condutibilidade eléctrica de uma solução salina com a sua concentração.

Há que notar que a velocidade assim determinada, a que se poderá chamar *velocidade efectiva de percolação* [61:108], é igual à velocidade de filtração da expressão de DARCY dividida pela proporção de vazios efectiva (razão entre o volume da água que uma amostra saturada perde pela acção da gravidade e o volume total da amostra).

Outros métodos de campo baseiam-se no seguinte princípio geral: se de um poço for retirada água por bombagem, a superfície piezométrica

(que limita superiormente o lençol de água quando esta é freática) sofre um abaixamento na região em volta do poço, cujo valor depende da distância a que se encontre o ponto considerado; terminada a bombagem, a superfície piezométrica terá tendência para retomar a sua posição inicial.

Estas variações de profundidade a que se encontra a superfície piezométrica, determinadas com o auxílio de poços de observação convenientemente dispostos, dependem da permeabilidade da camada aquífera, tendo vários autores, como THIEM, MUSKAT, etc., estabelecido fórmulas que permitem a determinação da permeabilidade em função das variações que se dão naquela superfície, durante a bombagem ou durante a recuperação que a ela se segue.

Os métodos de campo, tendo a vantagem de permitir determinações da permeabilidade em extensões relativamente grandes sem alterar a disposição em que se encontram os elementos que constituem o terreno, são todavia dispendiosos e morosos, não sendo sempre concordantes os valores resultantes da aplicação das diversas fórmulas.

Além dos métodos de campo citados a outros se poderá fazer referência, desde o processo simples usado por MUNTZ, FAURE e outros investigadores (que permite, apesar da sua singeleza, comparar permeabilidades de diversos terrenos) até aos métodos recentemente preconizados na América, como o utilizado por REEVE e JENSEN [48], empregando piezómetros especiais e baseado na teoria desenvolvida por KIRKHAM [29], o método designado por *seepage meter*, descrito por ISRAELSEN e REEVE [25], o *auger-hole method* [33] [63], etc.

A escolha do método a utilizar depende do rigor desejado, da natureza dos materiais, da importância do trabalho a executar, de considerações de ordem técnica e económica, etc.

A estas referências aos processos de determinação da permeabilidade, não queremos deixar de acrescentar que ROE e PARK [52:112] [53] verificaram a existência de certa relação entre o coeficiente de permeabilidade (K) e o equivalente de humidade (M_{eq}), que dizem dever ser da forma geral

$$K = c (M_{eq})^m.$$

As numerosas determinações de K e de M_{eq} que estes autores efectuaram, em solos diversos, não lhes permitiram encontrar uma expressão geral suficientemente rigorosa e com interesse prático. No entanto, os valores obtidos foram reunidos em tabelas e utilizados na construção de gráficos que os autores consideram susceptíveis de ser-

vir de guia para a escolha dos valores de K referentes a solos de que se conheçam os valores dos equivalentes de humidade, com rigor que julgam aceitável na prática.

Num exemplo de aplicação destas tabelas e gráficos, dado por ROE [52:122], refere-se o modo como nesta determinação se pode ter em conta a correcção a fazer devido à existência de matéria coloidal.

Ao terminar estas breves notas sobre a permeabilidade e sua determinação, e com o fim de dar uma ideia do seu valor prático, apresentamos a seguinte tabela de classes de permeabilidade adaptada da de O'NEAL [42]:

<i>Classe</i>	<i>cm/hora</i>
Muito lenta	menos de 0,13
Lenta	0,13 a 0,50
Moderadamente lenta	0,50 a 2,00
Moderada	2,00 a 6,35
Moderadamente rápida	6,35 a 12,70
Rápida	12,70 a 25,40
Muito rápida	mais de 25,40

II.4 — Algumas noções fundamentais da Hidrodinâmica e extensão da lei de Darcy ao movimento a duas e três dimensões.

Ao estudar o movimento dos fluidos, aparece a necessidade de exprimir analiticamente a lei da conservação da massa, o que se consegue estabelecendo a *equação da continuidade*, assim chamada por traduzir o facto de que, em consequência do movimento se não cria solução de continuidade, não experimentando qualquer alteração a massa que se considere.

Quando o movimento do fluido for permanente, não dependendo do tempo, portanto, o valor da velocidade em qualquer dos seus pontos, a equação da continuidade pode escrever-se do seguinte modo:

$$(1) \quad \operatorname{div} (\rho \vec{V}) = \frac{\partial}{\partial x} (\rho u) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho v) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho w) = 0,$$

em que $\vec{V}$ é o vector velocidade do fluido no ponto (x, y, z) ; u, v e w as suas componentes segundo os três eixos coordenados; e ρ a densidade do fluido no mesmo ponto.

Esta expressão pode ser modificada se introduzirmos uma nova equação — *equação de estado* — que especifique a natureza do fluido considerado; no caso de um fluido incompressível será

$$(2) \quad \rho = \text{const.}$$

A equação da continuidade (1), para o caso dos fluidos incompressíveis, tomará então a forma

$$(3) \quad \text{div } \vec{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0.$$

Para completa análise do movimento do fluido, resta ainda acrescentar às equações de estado e da continuidade uma definição dinâmica da natureza do movimento, que traduza o modo como o fluido reage ao gradiente de pressão e às forças exteriores.

No caso de se desenvolverem acções devidas à viscosidade, considerando um elemento de volume e exprimindo que paralelamente a cada eixo o produto da massa considerada pela respectiva aceleração componente é igual à soma algébrica das componentes das forças a que ele está sujeito, obtém-se para equações do movimento as *equações de NAVIER-STOKES*:

$$(4) \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho X - \frac{\partial p}{\partial x} = \rho \left[\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right] - \mu \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] \\ \rho Y - \frac{\partial p}{\partial y} = \rho \left[\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right] - \mu \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right] \\ \rho Z - \frac{\partial p}{\partial z} = \rho \left[\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right] - \mu \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right] \end{array} \right.$$

em que X , Y e Z são as somas das componentes das forças exteriores referidas à unidade de massa, $\frac{\partial p}{\partial x}$, $\frac{\partial p}{\partial y}$ e $\frac{\partial p}{\partial z}$ as componentes do gradiente de pressão e μ o coeficiente de viscosidade.

Em princípio, as equações de estado e da continuidade, juntamente com as de NAVIER-STOKES, deverão chegar para um conhecimento perfeito do movimento de um líquido viscoso, visto que dispomos de cinco

equações para determinar os valores das cinco incógnitas p , ρ , u , v , w . Todavia, verifica-se que, excepto em casos particulares, não é fácil ou possível a resolução de problemas com o uso destas equações.

Se considerarmos o movimento de um fluido passando através dos estreitos e tortuosos canais de um meio poroso, não é sem razão que é lícito prever que, embora as equações da continuidade e de estado se mantenham, as reacções dinâmicas difiram das expressas pelas equações de NAVIER-STOKES.

Ora, esta diferença foi empiricamente evidenciada pelas experiências de DARCY, que estabeleceram que a velocidade de filtração através de um meio poroso é directamente proporcional à perda de carga unitária (II.1).

Porém, a lei de DARCY foi estabelecida considerando o movimento numa determinada direcção, pelo que se torna necessário generalizá-la.

Se considerarmos, no estudo de um escoamento a três dimensões, as componentes do vector velocidade segundo os três eixos cartesianos, a equação II.1(5), que exprime a lei de DARCY, poderá ser substituída por

$$(5) \quad \begin{cases} u = -K \frac{\partial H}{\partial x} \\ v = -K \frac{\partial H}{\partial y} \\ w = -K \frac{\partial H}{\partial z}, \end{cases}$$

sendo u , v e w as componentes da velocidade de filtração, segundo os três eixos cartesianos, e em que o uso do mesmo valor K nas três expressões corresponde a considerar o meio isótropo.

Pode, então, aquela lei exprimir-se pela relação vectorial

$$(6) \quad \vec{V} = -\text{grad } (KH),$$

o que significa que a velocidade de filtração admite como potencial o produto da carga hidrostática pela permeabilidade.

O vector representado por $-\text{grad } H$ é o *gradiente hidráulico*.

Designando por $\varphi = -KH$ a função potencial de velocidades, a equação da continuidade (3) e as expressões (5) permitirão escrever

$$(7) \quad \nabla^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0;$$

e, portanto, φ é uma função harmónica, isto é, de laplaciano idênticamente nulo.

Se o campo vectorial das velocidades for plano, o seu estudo poderá fazer-se apenas a duas dimensões.

Neste caso, para o estudo de um escoamento que se efectue, por exemplo, num plano vertical perpendicular a uma dada direcção, pode considerar-se qualquer plano paralelo a este, pois que em todos eles o movimento será idêntico.

Se o plano em que se dá o movimento for o definido pelos eixos coordenados XX' e YY' , como passaremos a considerar no seguimento deste trabalho, a equação (7) poderá escrever-se do seguinte modo:

$$(8) \quad \nabla^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0.$$

As linhas do plano do movimento definidas por $\varphi = \text{const.}$, isto é, as linhas que gozam da propriedade de terem todos os seus pontos ao mesmo potencial, chamam-se *linhas equipotenciais*.

11.5 — Trajectórias. Linhas de corrente. Função de corrente. Redes de escoamento.

Se considerarmos num fluido em movimento as posições sucessivas que uma partícula ocupa, obteremos a sua *trajectória*, que nos dá a conhecer as direcções das velocidades adquiridas sucessivamente pela partícula ao longo do tempo. As equações diferenciais das trajectórias são:

$$(1) \quad \frac{dx}{dt} = u, \quad \frac{dy}{dt} = v, \quad \frac{dz}{dt} = w.$$

Num dado instante t a imagem das direcções das velocidades no fluido é dada pelas *linhas de corrente*, que têm como tangente em cada um dos seus pontos a direcção da velocidade da partícula que passa nesse ponto no instante t . As respectivas equações diferenciais são:

$$(2) \quad \frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w}.$$

Se se considerar uma curva fechada, o conjunto das linhas de corrente que passam por todos os seus pontos forma a parede de um *tubo de corrente*.

Quando o movimento for permanente, em cada ponto do campo a velocidade é independente do tempo, e portanto as linhas de corrente e as trajectórias coincidem. O fluido desloca-se, neste caso, num tubo de corrente como se este fosse constituído por paredes sólidas.

É evidente que se o movimento em estudo se fizer no plano XY , as equações diferenciais das linhas de corrente se reduzem a

$$(3) \quad \frac{dx}{u} = \frac{dy}{v}.$$

Verifica-se que, se existir um potencial de velocidades, as linhas de corrente são em todos os seus pontos perpendiculares às linhas equipotenciais, para as quais é $\varphi = \text{const.}$ como já se referiu.

Designando por $\psi(x, y)$ a *função de corrente*, qualquer linha de corrente verificará a igualdade $\psi = \text{const.}$ e a função ψ será tal que

$$(4) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \psi}{\partial y} = -u \\ \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\partial \psi}{\partial x} = -v, \end{array} \right.$$

pois que as linhas definidas por $\varphi = \text{const.}$ e $\psi = \text{const.}$ são ortogonais.

Verifica-se que ψ é também uma função harmónica, isto é,

$$(5) \quad \nabla^2 \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0.$$

O campo harmónico plano fica assim representado pelo par de funções associadas φ e ψ , respectivamente potencial e função de corrente.

As duas famílias de linhas $\varphi = \text{const.}$ e $\psi = \text{const.}$, cortando-se ortogonalmente, formam no plano em que se dá o movimento do líquido uma série de rectangulos que constituem a chamada *rede de escoamento*.

II.6 — Condições nos limites.

Notemos que qualquer das equações II.4 (8) e II.5 (5) tem um número infinito de soluções e que entre elas teremos de escolher as que se aplicam a cada caso particular.

É evidente que para cada problema em estudo teremos de considerar o que nele é *particular*, isto é, o que o distingue de qualquer outro. Ora, problemas com o mesmo carácter dinâmico, e satisfazendo às equações de LAPLACE referidas, distinguem-se pelas diferenças existentes nos limites que definem o campo e pelas condições físicas impostas a esses limites.

De um modo geral poderemos dizer que para a determinação de uma função harmónica φ não basta considerar a equação de LAPLACE, sendo necessário juntar-lhe condições complementares que variam com o problema físico considerado e que, em regra, se referem aos valores de φ ou das suas derivadas nos limites do campo.

Designando por S as fronteiras do campo, as referidas condições complementares tomam geralmente uma das seguintes formas [37]:

- a) φ é dado em S — *condição de DIRICHLET*;
- b) $\partial\varphi/\partial n$ (derivada normal) é dada em S — *condição de NEUMANN*;
- c) conhece-se uma relação da forma

$$\varphi - a \frac{\partial\varphi}{\partial n} = b, \text{ em que } a \text{ e } b \text{ são}$$
 dados, que podem ser funções do ponto considerado sobre a fronteira, sendo a positivo quando a normal n está orientada para o interior do campo — *condição de FOURIER*.

Note-se que se pode ter uma condição do mesmo tipo sobre toda a fronteira do campo ou condições diferentes sobre diversas regiões da fronteira.

Respeitadas estas condições, a solução encontrada para qualquer das equações referidas será sempre a mesma, seja qual for o método usado na sua determinação. Portanto, se dois campos vectoriais de natureza diversa satisfazem ambos à equação $\nabla^2 \varphi = 0$, são geomètricamente semelhantes e correspondem às mesmas condições nos limites, a distribuição das equipotenciais e das linhas de corrente será a mesma.

Este facto permite-nos assemelhar os problemas que nos ocupam com problemas de outra natureza física, entre os quais se conta o da distribuição da corrente eléctrica num condutor, como se verá no capítulo seguinte.

III — O método de analogia eléctrica; sua aplicação.

A analogia existente entre certos fenómenos eléctricos e fenómenos de outras naturezas físicas de que se ocupam vários ramos da ciência moderna (como a Hidrodinâmica, a Aerodinâmica, a Termodinâmica e a Elasticidade) tem levado muitos autores a recorrer ao chamado *método de analogia eléctrica* para a resolução de problemas diversos: HAHN [19], MALAVARD [36], PÉRÈS e MALAVARD [44] ⁽¹⁾, LEWIS [35], etc.

Após as aplicações que deste método fizeram PUPPINI [47] na Itália, e PAVLOVSKY [43] na Rússia, também vários investigadores dele têm feito uso no estudo de problemas referentes ao movimento da água através dos meios porosos: WYCKOFF e REED [66], VREEDENBURGH [65], CHILDS [8], SCHWAB e KIRKHAM [59], etc.

A analogia formal entre o escoamento da água através de um meio poroso e a condução eléctrica torna-se evidente quando se consideram as leis que regem os dois fenómenos, respectivamente as *leis de DARCY* e *de OHM*.

A lei de DARCY pode, como já se referiu (II.4), escrever-se sob a forma vectorial, do seguinte modo:

$$(1) \quad \vec{V} = -K \text{ grad } H,$$

⁽¹⁾ São numerosos os trabalhos publicados por estes autores sobre as aplicações deste método, sobretudo a problemas de Hidrodinâmica e de Aerodinâmica.

em que $\vec{V}$ representa a velocidade de filtração, K a permeabilidade do meio e H a carga hidrostática.

Por seu lado a lei de OHM pode traduzir-se pela expressão vectorial

$$(2) \quad \vec{i} = -c \text{ grad } v,$$

em que $\vec{i}$ indica a densidade de corrente eléctrica, c a condutibilidade específica do condutor e v o potencial eléctrico.

Ambas as equações, (1) e (2), exprimem, portanto, uma lei de proporcionalidade entre a queda de um potencial e um fluxo específico (V e i respectivamente) através dos coeficientes K e c . ⁽¹⁾

Atendendo a esta analogia, torna-se possível conhecer o movimento da água que atravessa um maciço poroso pelo estudo da repartição de uma corrente eléctrica num condutor.

⁽¹⁾ Sem que haja que recorrer às formas vectoriais das expressões que traduzem as leis de DARCY e de OHM é, também, fácil verificar a semelhança existente entre as duas leis.

A expressão analítica da lei de OHM,

$$I = - \frac{E}{R}$$

(em que I representa a intensidade de corrente em amperes, E a diferença de potencial em volts e R a resistência em ohms), pode também escrever-se do seguinte modo:

$$I = c \, a \, \frac{E}{L},$$

porquanto, a resistência é directamente proporcional ao comprimento do condutor (L) e inversamente proporcional à condutibilidade específica (c) e à área da secção transversal do condutor (a).

Esta última expressão diz-nos que *a intensidade de corrente é inversamente proporcional ao comprimento do condutor e directamente proporcional à área da sua secção transversal, à diferença de potencial eléctrico e ainda a uma constante característica do condutor.*

Por seu lado a expressão que traduz a lei de DARCY (II. 1),

$$Q = K A \frac{H}{l},$$

mostra que *o caudal que atravessa um prisma de areia é inversamente proporcional ao seu comprimento e directamente proporcional à área da sua secção transversal (perpendicular à direcção do movimento), à diferença de carga hidrostática e a uma constante característica da areia.*

Posto isto, consideremos a passagem de uma corrente eléctrica através de um condutor e vejamos como é possível fazer a sua analogia com o escoamento de um líquido num maciço poroso.

Seja v o potencial eléctrico num ponto do condutor e c a sua condutibilidade, que pode variar de um ponto para outro. O vector densidade de corrente eléctrica será, nestas condições, $-c \text{ grad } v$ e a intensidade de corrente que atravessa um elemento de superfície dS (de normal n) será:

$$-c \frac{\partial v}{\partial n} dS.$$

O potencial v verifica a equação de derivadas parciais

$$(3) \quad \frac{\partial}{\partial x} \left(c \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(c \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(c \frac{\partial v}{\partial z} \right) = 0.$$

Sendo sempre difícil a realização de um condutor cuja condutibilidade varie de um ponto a outro segundo uma lei determinada, empregam-se usualmente condutores homogêneos ($c = \text{const.}$), reduzindo-se, neste caso, a equação anterior à equação de Laplace

$$(4) \quad \nabla^2 v = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = 0.$$

Notemos, desde já, que variações de condutibilidade se podem também conseguir em modelos planos (em que v não depende de z), utilizando um condutor homogêneo ($c = \text{const.}$) de espessura variável. ⁽¹⁾ Poderemos considerar, nestes modelos, que a intensidade de corrente que atravessa a área dS , projectada segundo o elemento de arco ds do plano XY , é igual a

$$(6) \quad -c e \frac{\partial v}{\partial n} ds$$

⁽¹⁾ Este caso tem interesse especial no estudo do escoamento de água através de zonas de terreno de diferentes permeabilidades, como se verá mais adiante (III. 4).

e, sendo $c = \text{const.}$, teremos

$$(7) \quad \frac{\partial}{\partial x} \left(e \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(e \frac{\partial v}{\partial y} \right) = 0,$$

em que e representa o papel desempenhado por c na equação (3).

Se se pretender que em todos os pontos do campo a condutibilidade seja igual, o condutor terá espessura uniforme ($e = \text{const.}$) e, então, a equação (7) transforma-se na seguinte:

$$(8) \quad \nabla^2 v = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0.$$

Associada à função potencial v existirá uma função de corrente w que verificará a equação

$$(9) \quad \nabla^2 w = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0.$$

E, considerando o caso geral de um condutor de espessura e e condutibilidade c poderemos escrever as seguintes relações entre v e w :

$$(10) \quad \begin{cases} \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{ce} \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial y} = - \frac{1}{ce} \frac{\partial w}{\partial x} \end{cases}$$

Um campo eléctrico, harmónico e plano, pode assim ser representado pelo par de funções associadas v e w , respectivamente função potencial e função de corrente.

Atendendo à analogia existente entre as leis de DARCY e de OHM e ao que se referiu em II.5 e II.6, pode dizer-se que, se considerarmos um condutor de espessura e condutibilidade específica uniformes e nele traçarmos as linhas equipotenciais e de corrente, obteremos uma imagem fiel da rede de escoamento respeitante ao campo hidrodinâmico representado pelas funções ϕ e ψ , ligadas entre si pelas relações II.5 (4), se as condições nos limites forem respeitadas.

Esta representação analógica pode, porém, fazer-se de dois modos diferentes:

- a) por analogia directa ou analogia A — identificando o potencial hidrodinâmico φ com o potencial eléctrico ψ ;
- b) por analogia inversa ou analogia B — identificando o potencial hidrodinâmico φ com a função de corrente eléctrica w .

A comparação das relações II.5 (4) e (10) permite concluir que:

- a) na analogia A, por se considerar $\varphi = m\psi$ resultará $\psi = n w$;
 - b) na analogia B, por se considerar $\varphi = m' w$ resultará $\psi = -n' \psi$;
- sendo m , m' , n e n' constantes relacionadas do seguinte modo:

$$m = n c e, \quad n' = m' c e.$$

Poderemos, pois, dizer que: 1) se se utilizar a analogia directa (A), as linhas equipotenciais e de corrente do modelo eléctrico coincidem com as referentes ao problema hidrodinâmico que se pretende resolver; 2) fazendo uso da analogia inversa (B), às equipotenciais e linhas de corrente do campo eléctrico correspondem respectivamente as linhas de corrente e equipotenciais do campo hidrodinâmico.

Compreende-se, assim, que sempre que seja possível, para o tratamento de um dado problema, executar um modelo eléctrico segundo a analogia A e outro segundo a analogia B, os traçados das equipotenciais nestes dois modelos constituem a rede de escoamento respeitante ao problema em estudo.

III.1 — Bases da aplicação experimental do método.

Refêridos os conceitos fundamentais em que assenta o método de analogia eléctrica, torna-se necessário fazer algumas considerações sobre a sua aplicação experimental, que, ainda que não sejam muito pormenorizadas (o que, certamente, não estaria de acordo com a índole do presente trabalho), julgamos suficientes para dar uma primeira ideia sobre o modo de proceder e principais precauções a ter em linha de conta na realização de qualquer experiência.

Esta primeira noção sobre a técnica experimental pode ser dada em relação a um modelo muito simples (Fig. 3). Assim, consideremos um campo definido num certo domínio D pelas seguintes condições:

- a) o potencial tem os valores φ_0 e φ_1 sobre AB ⁽¹⁾ e CD respectivamente;
- b) o fluxo que atravessa AC e BD é nulo ($\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0$)

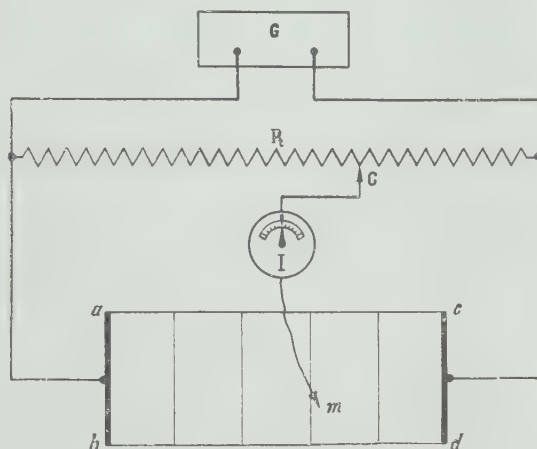


Fig. 3

G gerador, Pt potenciômetro, C cursor, I aparelho indicador do zero, m ponto cujo potencial se pretende medir, ab e cd electrodos.

Utilizando um condutor homogêneo de forma igual à do domínio D, representando-o numa escala qualquer, suponhamos escolhida a analogia A (φ identificado com o potencial eléctrico v).

A alimentação do modelo será feita por dois electrodos colocados segundo ab e cd , ligados aos polos de um gerador (G), enquanto que os limites ac e bd serão isoladores.

A relação existente entre φ e v , se considerarmos, convencionalmente, que os potenciais nos polos são 0 e 100, será

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{100} v.$$

(1) Nas descrições das experiências realizadas por este método, foram utilizadas as letras maiúsculas deste tipo para designar os pontos do campo em estudo e as respectivas minúsculas para os seus homólogos no modelo.

Portanto, para determinar o valor φ do potencial num ponto do domínio D, bastará colocar no ponto homólogo m do modelo uma sonda susceptível de fornecer o valor de v .

Para isso, monta-se em paralelo com o modelo um potenciômetro (P_t) e liga-se a sonda a um terminal de um aparelho indicador do zero (I), que terá o outro terminal ligado ao cursor (C) do potenciômetro. Colocando a sonda em m , regula-se a posição de C de modo a que não passe corrente no aparelho I (o ponteiro do seu mostrador marcará zero). Então, o potencial de m será idêntico ao de C, e o seu valor é lido sobre a graduação de P_t , geralmente escrita em % da diferença de potencial aplicada aos terminais.

Para traçar uma linha equipotencial bastará deslocar a sonda sobre o modelo, procurando pontos para os quais o ponteiro de I marque zero, conservando-se o cursor C fixo; todos estes pontos estarão ao mesmo potencial e a linha que os une é, portanto, uma equipotencial, que será evidentemente, no caso simples do domínio rectangular considerado, paralela a ab e cd . A cada posição do cursor (C) corresponderá, assim, uma equipotencial.

Para obter o traçado das linhas de corrente, completando a rede de escoamento, bastará recorrer à analogia B (identificando φ com a função de corrente eléctrica w), o que se consegue praticamente colocando os electrodos segundo ac e bd , tornando isoladores os limites ab e cd e repetindo as operações indicadas para o traçado das equipotenciais. Estas novas linhas serão então paralelas a ac e bd e, consequentemente, perpendiculares às primeiras; isto é, serão as linhas de corrente procuradas.

A singeleza deste caso pode fazer crer que a execução destas experiências é sempre fácil; mas, mesmo para os problemas que apresentam bastante simplicidade, não será difícil antever certas dificuldades, se atendermos às considerações que se seguem, em que apenas se focam alguns pontos que reputamos de maior interesse.

A concepção do melhor modelo para a resolução de determinado problema só será possível a quem tenha o conhecimento das características dos materiais susceptíveis de emprego, montagens eléctricas mais adequadas e precauções a que elas obrigam, etc.

Condutores — Para a execução de qualquer modelo é forçoso começar pela escolha do condutor.

Os condutores usados, que deverão ser dotados de perfeita homogeneidade e isotropia, podem ser sólidos ou líquidos.

Os condutores sólidos, que poderão ser constituídos por uma folha delgada de metal, por misturas de pós mais ou menos condutores (grafite-cimento, grafite-bakelite, etc.), papéis especiais impregnados de substâncias condutoras, etc., são por vezes de emprego muito cómodo, apresentando como principal vantagem o facto de tornarem possível a utilização da corrente contínua, que permite o uso de aparelhagem de medida simples.

As principais desvantagens destes condutores são, geralmente, as seguintes: *a)* dificuldade de assegurar espessura constante e, portanto, uniformidade de condução; *b)* inutilização do modelo no fim de cada experiência; *c)* dificuldade de garantir perfeito contacto entre os electrodos e o condutor.

Como condutor líquido pode ser utilizada a água vulgar ou uma solução salina, com frequência de sulfato de cobre, sódio ou zinco. Estes condutores, que são geralmente os preferidos, não apresentam as desvantagens dos condutores sólidos, e a possibilidade de variar a sua concentração (modificando assim a condutibilidade) permite antever-lhes larga utilização; têm como principal inconveniente o risco da electrólise, bem como o da polarização dos electrodos, o que impossibilita o uso da corrente contínua e obriga a tomar especiais precauções.

O condutor deste tipo mais frequentemente usado é a água vulgar (de consumo público), pois que, além da grande vantagem resultante da simplicidade de utilização, a experiência mostra que, do ponto de vista de condutibilidade, é bastante homogénea e os resultados obtidos com o seu emprego são tão satisfatórios como os que se conseguem com soluções cuidadosamente feitas.

Estes condutores são contidos em tinas que podem ter as dimensões e forma dos modelos (o que em regra leva à sua inutilização terminada a experiência) ou ser de forma paralelepipedica e de apreciáveis dimensões, permitindo a construção de diversos modelos no seu interior, realizados com materiais isoladores que limitam o campo útil. É bastante usada, para este fim, a parafina, vertida em estado líquido em moldes que se retiram após a solidificação.

Estas tinas são construídas com materiais isoladores (ebonite, bakelite, ardósia, vidro, etc.) ligados de modo que não permita qualquer fuga do líquido condutor, pois que disso poderá resultar o completo falseamento dos resultados de uma experiência.

Na realização de experiências pretende-se, em regra, que o fundo da tina esteja perfeitamente horizontal (condição necessária à unifor-

midade de espessura do condutor), pelo que se apoia completamente sobre a face plana de uma peça capaz de evitar qualquer deformação, como seja, por exemplo, uma ardósia espessa. A horizontalidade pode conseguir-se pelo uso de um nível de boa precisão ou por um processo de regulação eléctrica, simples e preciso, que simultâneamente constitui uma útil verificação do conjunto.

Electrodos — Cuidado especial há que ter, também, na escolha do material que constitui os electrodos, com o fim de evitar a polarização. De preferência deveriam escolher-se os metais nobres, mas o seu elevado custo leva a optar-se pelo emprego do cobre, latão, níquel etc. ⁽¹⁾, devendo haver sempre o cuidado de manter bem limpa a sua superfície.

O uso do carbono permitiria reduzir ao mínimo a polarização, mas as formas e dimensões dos electrodos dificultam com frequência a sua utilização, podendo, no entanto, empregar-se electrodos metálicos cobertos por uma camada delgada de produtos à base de carbono.

HALLER [20], procurando a forma de remediar a falta de sensibilidade junto dos electrodos, aconselha uma cuidadosa escolha do material a usar. Depois de um estudo minucioso de diversos materiais, acaba por concluir que, exceptuados os metais preciosos e a grafite, todos os materiais relativamente resistentes à corrosão não são utilizáveis; o ferro apresenta o inconveniente de que os produtos de oxidação, difundindo-se no electrólito, modificam localmente a condutibilidade.

Sonda — A sonda exploradora do campo, quando o condutor é sólido, é uma simples ponta metálica que se apoia directamente sobre o modelo, conseguindo-se o contacto eléctrico por pressão.

Quando se utiliza um condutor líquido a sonda é constituída por um delgado fio condutor (com o diâmetro aproximado de 0,10 mm) de cobre, níquel, aço inoxidável ou, de preferência, platina.

Esta sonda, que deverá mergulhar absolutamente vertical no líquido, é suportada por um dispositivo que permite a sua deslocação sobre todo o campo, sendo os movimentos transmitidos a uma agulha registadora que marca sobre uma folha de papel de desenho os pontos

⁽¹⁾ Quando o condutor seja uma solução salina, os electrodos serão do metal que figura na solução.

homólogos dos ocupados pela sonda no modelo. O dispositivo transmissor a que se faz referência pode ser constituído por um pantógrafo.

É também possível conseguir o traçado automático e contínuo das equipotenciais pelo emprego de um dispositivo especial com servo-comando eléctrico.

Aparelho indicador do zero — Utilizando um condutor sólido, alimentado por corrente contínua, pode empregar-se um simples galvanómetro como aparelho indicador do zero.

Com condutor líquido, alimentado por corrente alterna, se a frequência utilizada é musical, pode empregar-se um auscultador telefónico; mas, muitas vezes, preferem-se outros aparelhos, escolhidos de acordo com as características da corrente. Entre estes é aconselhável o uso de um oscilógrafo-catódico, com montagem especial, que permite simultaneamente notar efeitos fortuitos de capacidades e induções, bem como qualquer mau funcionamento dos electrodos.

Montagem eléctrica — A montagem e as características da corrente escolhida devem reduzir ao mínimo as principais causas de erro de natureza eléctrica, que são devidas à polarização e electrólise e ainda às capacidades e induções entre circuitos.

Convém também referir que na regulação dos electrodos é sempre vantajoso medir os valores dos potenciais directamente sobre eles, evitando assim que se considerem valores que não são os correctos, devido às perdas ohmicas que se dão nos fios de alimentação.

A consideração de problemas que exigem a construção de modelos em tinas com fundos inclinados, a utilização de sondas duplas, etc., obrigaria ainda a chamar a atenção para outros pormenores. No entanto, do que fica dito se pode concluir que, sendo o método susceptível de fornecer resultados muito precisos, o partido que dele se pode tirar depende essencialmente das precauções tomadas para evitar erros, que podem ser de ordem construtiva ou de ordem eléctrica.

É bom não esquecer que a tolerância no fabrico de um modelo e a perfeição da montagem eléctrica deverão ser função da precisão que se pretenda. Seria, por exemplo, illusório pretender uma precisão de 0,1 mm no traçado de equipotenciais na vizinhança de uma parede que tenha sido construída com precisão nitidamente inferior.

III.2 — Aplicação do método ao estudo da drenagem de terrenos homogêneos e isotrópos.

Consideremos um terreno permeável, homogêneo e isotrópo, assente sobre uma camada impermeável e horizontal.

A incidência de chuvas sobre este terreno dará lugar a variações na profundidade do lençol freático, que é possível controlar por uma rede de drenos paralelos e equidistantes.

Suporemos que os trabalhos inerentes à colocação dos drenos não alteram a homogeneidade e isotropia do terreno que os circunda, em relação ao restante.

Como, em regra, o eixo de uma linha de drenos é uma recta que pouco se afasta da horizontal em apreciável extensão, pode considerar-se que o movimento da água que aos drenos afluí se dá em idênticas condições nos sucessivos planos verticais que os cortam perpendicularmente ao seu eixo longitudinal. Poderemos, assim, estudar o movimento da água que se dirige aos drenos considerando o que se passa numa estreita porção de terreno compreendida entre dois dos citados planos verticais, e assemelhando-o, teòricamente, a um movimento a duas dimensões (pág. 215).

Quando se dá uma queda pluviométrica, que suporemos de distribuição uniforme sobre a superfície do terreno e com a mesma intensidade durante um apreciável intervalo de tempo, a superfície freática tende a fixar-se numa posição determinada. O terreno fica assim dividido em duas zonas, tendo a inferior todos os seus poros completamente cheios de água.

Admitiremos ainda, no estudo que se segue, que as secções transversais dos drenos consideradas estão completamente cheias de água, não funcionando, no entanto, sob pressão.

Na Fig. 4 — corte vertical do terreno, feito por um plano perpendicular aos eixos dos drenos — a linha *LT* representa a superfície do terreno, *MN* o limite superior da camada impermeável, *AB* a linha que é o traço da superfície de separação das duas zonas, e *T* os drenos.

Na zona superior (*Z*) as linhas de corrente tendem a aproximar-se da vertical, pelo que, como parece lógico admitir-se, passaremos a considerá-las verticais, como têm feito outros autores em casos análogos [8]. Sendo assim, a uma distribuição uniforme de chuva na superfície do terreno poderemos supor que corresponde uma distribuição igualmente uniforme sobre a projecção horizontal da superfície de separação entre as duas zonas.

Na zona inferior (Z'), atendendo às condições em que supomos dar-se o escoamento, admitiremos que se verifica a lei de DARCY e, pelas considerações anteriormente feitas (II. 4), poderemos dizer que o movimento da água é definido pela equação de LAPLACE.

$$(1) \quad \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0,$$

satisfeita pela função φ , que será uma função potencial de velocidades.

Como também já se referiu (II. 4), atendendo a que o movimento da água se faz num plano vertical, a função φ é dada pela expressão

$$(2) \quad \varphi = -K H = -K (h + y),$$

em que h é a altura piezométrica num ponto cujo potencial é φ e que está à distância vertical y de um plano de referência.

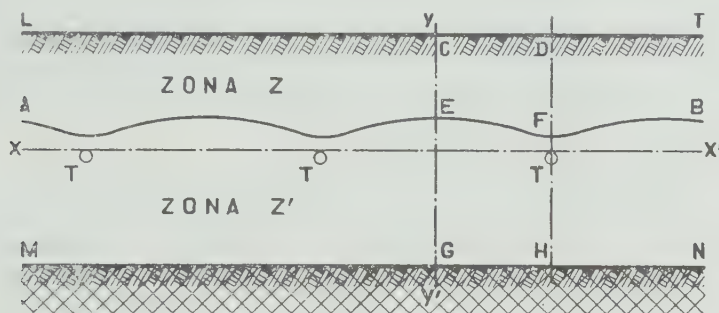


Fig. 4

Podemos considerar um dreno como uma zona de permeabilidade infinita, quando comparada com a permeabilidade do terreno que o circunda, e o seu perímetro como uma equipotencial a que atribuiremos o valor zero, tomando para eixo dos XX o eixo horizontal que une os topos das secções transversais dos drenos, pontos estes em que a pressão, atendendo às hipóteses feitas, tem o valor da pressão atmosférica.

Em todos os pontos da superfície de separação das duas zonas do terreno, Z e Z' , a pressão será também a atmosférica (pág. 196) e, portanto, o potencial variará sobre ela directamente com y , isto é, o potencial num ponto qualquer daquela superfície poderá ser expresso por

$$(3) \quad \varphi = -K y.$$

É evidente que, em determinado terreno, a posição e forma da superfície de separação entre as duas zonas variará com a intensidade da queda pluviométrica e com as características da rede de drenagem que tenha sido estabelecida. É ainda de prever que tenha influência a profundidade a que se encontra a camada impermeável.

No estudo que realizámos, e que a seguir se expõe, utilizando o método de analogia eléctrica, procurámos indagar da forma e posição da linha que é o traço num plano vertical daquela superfície de separação, para cada conjunto de factores que nela influem. É evidente ser também possível enunciar o problema de que nos ocupamos do seguinte modo: estudar para que conjunto de factores o ponto mais alto (E) daquela linha atinge determinada cota e qual é, então, a sua forma.

Por razões de evidente simetria o estudo foi sempre feito considerando apenas a zona que na Fig. 4 é limitada pelo contorno $CDFHGE$.

Posição do problema — Atendendo às considerações anteriores, podemos dizer que se trata de definir, pela analogia eléctrica, uma função harmónica φ , potencial de velocidades de um escoamento através de um terreno permeável, no domínio rectangular $CDHG$ (Fig. 4), tendo como condições os dados seguintes:

- 1 — T representa metade da secção transversal de um dreno, admitindo-se que a semi-circunferência que o limita é uma equipotencial ($\varphi = 0$);
- 2 — GH (limite superior da camada impermeável), CG , DT e TH (eixos de simetria) são linhas de corrente ($\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0$);
- 3 — na zona de terreno representada por $CDFE$ admite-se que o escoamento é uniforme e paralelo a YY' até à linha de separação EF ;
- 4 — num ponto qualquer de EF o potencial é dado por $\varphi = -K_j$.

Procura-se determinar, satisfazendo estas condições, a linha de separação EF e o traçado da rede de escoamento no domínio $EFHG$.

As duas analogias — Conforme já foi dito, de dois modos é possível fazer-se a analogia eléctrica:

- a) o potencial φ é identificado com um potencial eléctrico v ($\varphi = mv$) definido num rectângulo condutor imagem de $CDHG$; a fun-

- ção de corrente hidrodinâmica ψ , associada a φ , é a análoga à função de corrente eléctrica w — temos assim a analogia directa (A);
- b) o potencial φ é identificado com a função de corrente eléctrica w ($\varphi = m'w$) e a função ψ com o potencial eléctrico v — obtendo-se deste modo a analogia inversa (B).

A maior dificuldade do problema reside no facto de que o traçado da rede de escoamento no domínio $efhg$ (imagem de $EFHG$) só é possível depois de conhecida a linha ef (imagem de EF — limite superior do lençol freático), sendo, portanto, a posição e forma desta linha simultaneamente incógnitas e soluções do problema. Porém, a sua determinação pode, como vamos ver, fazer-se por aproximações sucessivas.

Utilizámos a analogia A para determinar a linha ef em cada caso; uma vez traçada esta linha, a utilização da mesma analogia permitiu-nos o traçado das equipotenciais sobre o modelo. Chegados a este resultado, o emprego da analogia B tornou possível o traçado das linhas de corrente, completando-se assim a rede de escoamento.

Como veremos, é o conhecimento desta rede que permite tornar extensivos a vários casos os resultados obtidos em cada experiência.

III.3 — Experiências realizadas (admitindo a homogeneidade e isotropia do terreno).

A — Métodos experimentais.

a) *Analogia directa.*

A água que penetra no terreno, atravessando a sua superfície na zona CD , dirige-se ao dreno T (Fig. 4). Portanto, no modelo eléctrico a realizar para o emprego da analogia directa (A), os electrodos terão de ser colocados ao longo de cd e em t (Fig. 5).

As linhas GH , CG , DT e TH serão, no mesmo modelo, materializadas por paredes isoladoras, pois que limitam tubos de corrente.

Com o fim de satisfazer a condição 3 (III. 2) — pág. 230 —, pode-se considerar a região $CDFE$ dividida em grande número de canais ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Quanto maior for o seu número mais nos aproximaremos das condições em que o problema foi posto. É, no entanto, evidente que no modelo esse número terá de ser necessariamente reduzido.

Este papel foi, antes de ser utilizado em experiências no laboratório em que realizámos os ensaios, submetido a diversas provas, concluindo-se que, sem grande erro, se pode considerar uniforme em todos os seus pontos uma folha do tamanho geralmente utilizado nos ensaios. A resistência entre os lados opostos de um quadrado, deste papel, com 10 cm de lado é da ordem dos 2500 a 3000 ohms.

Vejam os como o utilizámos na construção de um modelo e respectiva experiência.

Cortada uma folha com a forma rectangular ⁽¹⁾, imagem da região $CDHG$, separaram-se cuidadosamente, com uma lâmina de barbear, as duas camadas de papel que a constituem numa faixa de 1 a 2 cm de largura e a todo o comprimento do lado cd ; utilizando uma solução de *Aquadag* (suspensão de grafite coloidal pura e finamente pulverizada), colou-se entre as duas camadas uma fina lâmina de cobre, deixando-se secar sob a acção de pesos, de modo a assegurar uma colagem perfeita. De maneira semelhante se procedeu na colocação do electrodo que representa T .

Fixou-se, em seguida, a folha de *Teledeltos*, assim preparada, numa prancheta de desenho.

Pretendia-se estudar para que casos o ponto E atinge a altura y_1 , acima do eixo XX' . Procedeu-se, para isso, do seguinte modo.

Traçou-se (Fig. 5) pelo ponto de ordenada l_1 (representando y_1 na escala escolhida) uma paralela a XX' , que designámos por ef_1 , e supozemos representar, em primeira aproximação, a linha ef ; utilizando novamente a lâmina de barbear, dividiu-se a zona $cdef_1$ em n tiras de igual largura (utilizámos $n = 20$) que, prolongando até ao extremo superior do papel, dividiram igualmente o electrodo colado ao longo de cd em n electrodos que designámos por $e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$.

Isolaram-se estas n tiras umas das outras colocando-as alternadamente por cima e por baixo de uma folha de papel vulgar, fazendo coincidir um dos lados desta com a linha ef_1 .

Feita a montagem eléctrica, representada no esquema da Fig. 6, ligou-se cada um dos electrodos $e_2, e_3, \dots, e_n$ a um potenciómetro, sendo e_1 directamente ligado ao polo 100 do transformador e t ao polo 0.

Designámos: por $\bar{v}_1, \bar{v}_2, \bar{v}_3, \dots, \bar{v}_n$ e por $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$, respectivamente, os valores dos potenciais nos extremos superiores das n tiras e

(1) Utilizámos folhas com dimensões que oscilaram entre 40×40 cm e 40×80 cm, conforme os casos estudados.

nos seus extremos inferiores, isto é, nos pontos de cruzamento do eixo de cada tira com ef_1 ; por $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ as ordenadas dos pontos a que correspondem os valores $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$; por c a condutibilidade específica; por e a espessura do papel; por a a largura de cada tira; por I a intensidade de corrente.

Como se pretende que a intensidade de corrente seja igual em todas as tiras — condição 3 (III. 2) —, se affectarmos do índice i os valores correspondentes a uma tira qualquer, deverá ser

$$I = \frac{\bar{v}_1 - v_1}{L - l_1} c e a = \frac{\bar{v}_i - v_i}{L - l_i} c e a, \quad (1)$$

donde

$$\bar{v}_i - v_i = (\bar{v}_1 - v_1) \frac{L - l_i}{L - l_1},$$

e, finalmente,

$$(1) \quad \bar{v}_i = (\bar{v}_1 - v_1) \frac{L - l_i}{L - l_1} + v_i.$$

Por outro lado, o potencial de cada um dos pontos situado sobre ef deverá ser directamente proporcional à respectiva ordenada l — condição 4 (III. 2) —, isto é,

$$(2) \quad l_i = l_1 \frac{v_i}{v_1}.$$

Vejamos, então, como foi possível determinar a verdadeira posição de ef , por aproximações sucessivas.

(¹) Como se verifica por estas expressões, a intensidade da corrente sobre a projecção horizontal da linha ef , sendo função da resistência oposta à sua passagem, depende do comprimento das tiras do condutor na região $cdef$.

Ora, com o fim de tornar mais evidente o tratamento do problema, dissemos na pág. 233 que o condutor seria um rectângulo que representaria, em escala conveniente, o terreno considerado. Porém, como facilmente se compreenderá pelo que se acaba de referir e pelo que se seguirá, só a zona $efgh$ tem correspondência com o terreno, servindo a maior ou menor extensão da zona $cdef$ para fazer variar a intensidade da corrente sobre ef , em correspondência com a queda pluviométrica.

Estabelecida a linha ef_1 , do modo que referimos, regularam-se todos os pequenos electrodos $e_1, e_2, e_3, \dots e_n$ ao potencial 100 e fez-se passar a corrente através do modelo; então, é evidente que

$$\bar{v}_1 = \bar{v}_i = 100 \text{ e } l_1 = l_i.$$

Utilizando a sonda S mediram-se os valores de $v_i (v_1, v_2, v_3, \dots v_n)$, para o que bastou colocá-la nos pontos cujos potenciais desejavamos me-

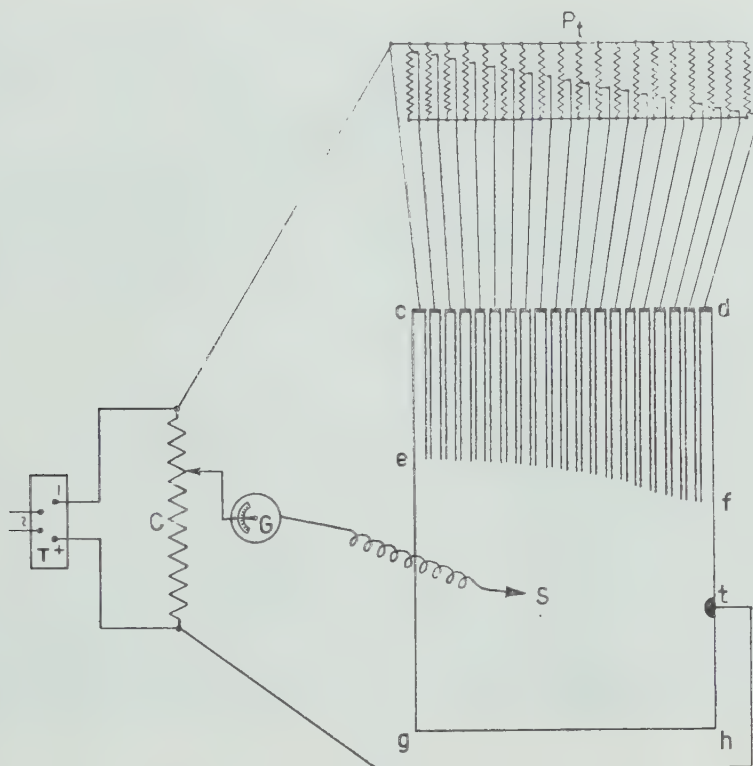


Fig. 6

T transformador-rectificador, C ponte de medida, G galvanómetro, P_t potenciômetros, S sonda, t dreno

dír e accionar os manípulos da ponte de medida até o galvanómetro indicar que se tinha estabelecido o equilíbrio, isto é, o seu ponteiro marcar zero. Estes valores substituídos em (2) forneceram novos valores de $l_i (l_1, l_2, l_3, \dots l_n)$, que substituídos em (1) nos deram novos valores para $v_i (\bar{v}_1, \bar{v}_2, \bar{v}_3, \dots \bar{v}_n)$.

Em seguida, prolongaram-se os cortes feitos com a lâmina de modo a obter uma linha ef_2 a que correspondiam os novos valores de l_i assim determinados, regulando-se, então, os potenciômetros de modo a obter os potenciais v_i achados pelo cálculo anterior.

Repetiu-se esta operação até que se tornou impraticável marcar os novos valores de l_i , por diferirem muito pouco (cerca de 0,2 mm) dos anteriores.

A linha assim determinada corresponde à linha ef procurada, pois que satisfaz as condições impostas.

Definidos assim os limites do domínio $efhg$, foi então possível traçar as respectivas equipotenciais, pela união de todos os pontos de igual potencial determinados pela sonda S (III.1 — pág. 224).

b) *Analogia inversa.*

Obtida a linha ef e traçadas as equipotenciais como acabamos de referir, passaremos a descrever o modo como a analogia inversa (analogia B) tornou possível o traçado das linhas de corrente.

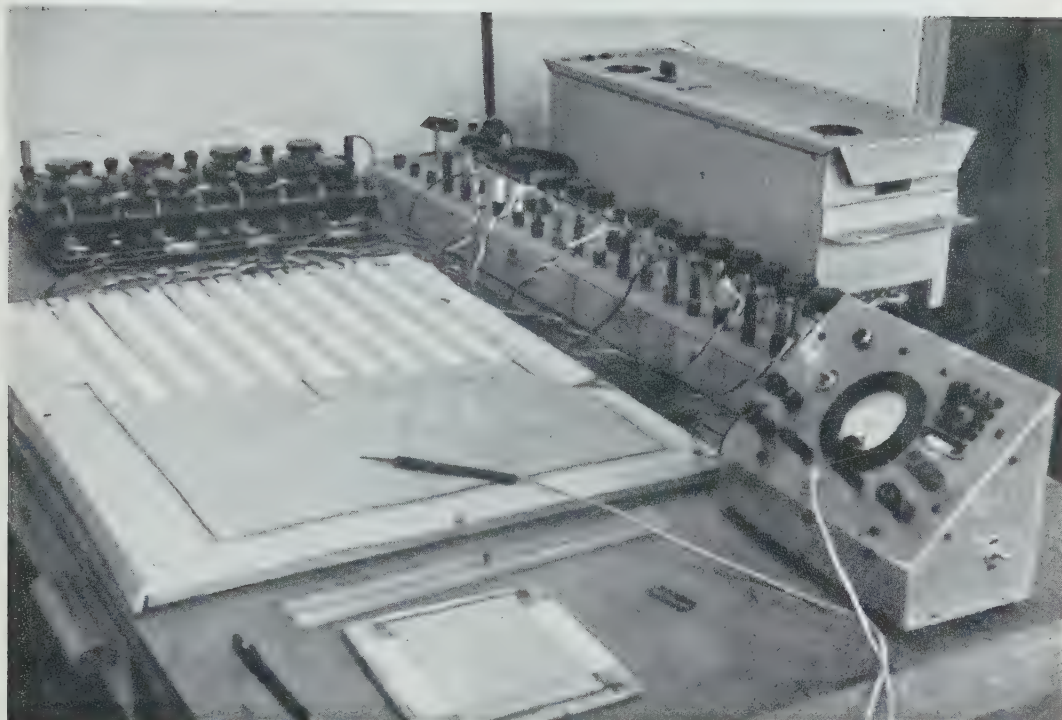
Nesta analogia, como já se referiu, o potencial eléctrico é identificado com a função de corrente hidrodinâmica. Inverte-se assim a posição do problema, isto é, pretende-se determinar o traçado das linhas de corrente hidrodinâmica traçando as equipotenciais do campo eléctrico; ora, esta inversão consegue-se pela simples troca das posições ocupadas no modelo pelos electrodos e limites isoladores.

Por isso, o limite cd e o semi-dreno t foram, nos modelos utilizados na execução desta analogia, materializados por paredes isoladoras; ao longo das paredes cg , gh , ht e td collocaram-se electrodos, assim como nas paredes dos canais considerados na zona $cdef$, correspondentes às tiras em que na analogia A foi dividida esta parte do papel condutor.

Nestes modelos deixou de existir o inconveniente apontado para o emprego da água como condutor, pois não se tornava forçoso evitar a sua passagem sob as placas condutoras que formavam as paredes daqueles canais.

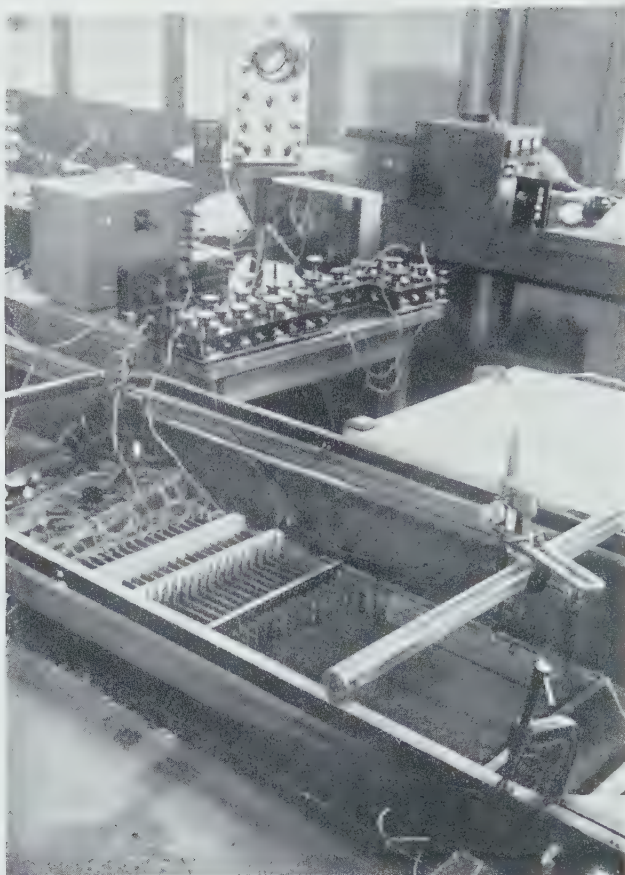
Convém ainda notar que, ao fazer-se a aplicação desta analogia, era já conhecida a posição da linha ef respeitante a cada caso, pelo que os comprimentos que deveriam ter as referidas placas condutoras eram igualmente conhecidas ao dar-se início a cada experiência.

Não persistindo, portanto, as razões que levaram à escolha do condutor sólido usado na analogia A, preferimos utilizar na analogia inversa



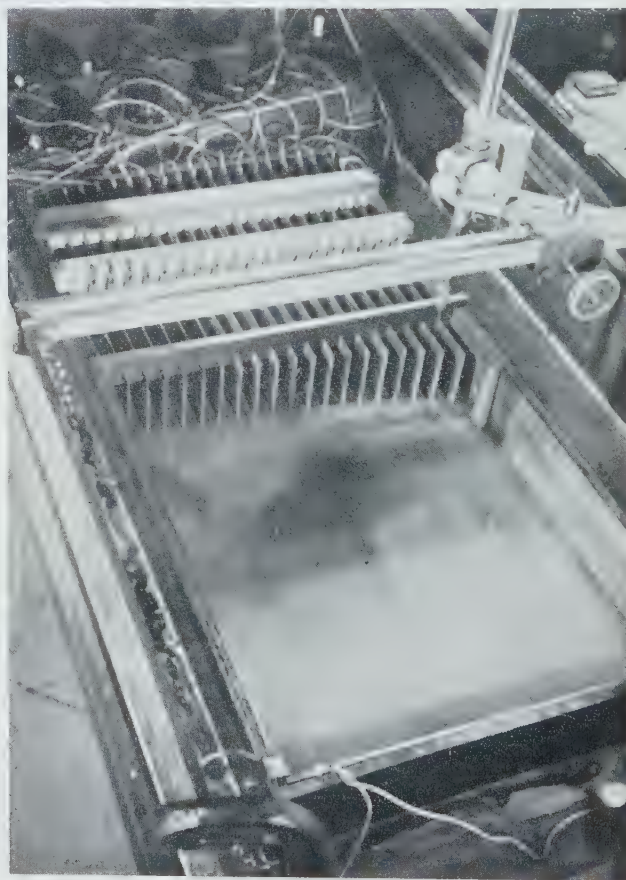
Fotografia 1

Montagem empregada nos ensaios feitos sobre modelos executados em papel condutor (analogia directa)



Fotografia 2

*Montagem empregada nos
ensaios em que foi utili-
zada a água como condu-
tor (analogia inversa)*



Fotografia 3

*Tina utilizada na execução
dos modelos destinados ao
emprego da analogia in-
versa (também visível na
fotografia 2)*

uma tina rectangular de dimensões adequadas, contendo cerca de 5 cm de altura de água, empregada como condutor da corrente eléctrica.

No laboratório em que realizámos as experiências existem grandes tinas com paredes e fundo de ardósia (sendo este fundo revestido por uma placa de vidro), assentes em pés munidos de parafusos niveladores que permitem a sua perfeita horizontalização.

Para a execução dos modelos construiu-se um quadro formado por quatro placas rectangulares (constituídas por material isolador — *celoron*), com 8 cm de altura e 1 cm de espessura, ligados pelos seus topos.

Colocado este quadro dentro de uma das citadas tinas e conseguida a sua aderência e vedação perfeita, com o emprego de uma mistura de breu, parafina e guta-percha, espalhada em quente em todo o contorno, ficou constituída a tina que serviu para os nossos ensaios com a garantia de que o seu fundo era horizontal.

Na posição correspondente ao semi-dreno t foi colado, para cada ensaio, um semi-cilindro de material isolador (*stabonite*), representando-o na escala adoptada.

Ao longo das paredes cg , ht e td foram aparafusadas placas de cobre que as revestiam inteiramente; gh foi também materializada por uma placa de cobre, mas, por esta face representar o limite superior da camada impermeável e a profundidade desta variar de ensaio para ensaio, foi necessário torná-la móvel e fixável em qualquer posição; finalmente, cada uma das paredes dos canais da região $cdfe$ foi realizada por duas chapas de cobre com 2 mm de espessura, das quais uma conservava sempre um dos seus topos num pequeno encaixe aberto a toda a altura da parede cd , podendo a outra deslizar no sentido do seu comprimento (guiada por dois pentes de madeira colocados superiormente), conservando sempre uma das suas faces em contacto com a primeira. Deste modo se conseguiu, usando sempre as mesmas chapas, que os seus topos fossem colocados sobre a linha ef , determinada pela analogia A , referente a cada ensaio.

As fotografias 2 e 3 e o esquema da montagem eléctrica da Fig. 7 dispensam-nos de mais pormenores.

Colocados os topos das placas P (Fig. 7) sobre a linha ef referente a determinado ensaio, ligado o electrodo cgh ao terminal 100 e o electrodo td ao terminal 0 do transformador T_1 , regularam-se os potenciómetros P_i de modo a obter sobre a linha ef uma variação linear de potenciais de 100 a 0 — assim se atendendo nesta analogia à condição 3 (III.2).

A regulação a que acabamos de fazer referência, a mais morosa e delicada do ensaio, conseguiu-se colocando a sonda *S* sucessivamente em todos os pontos dos cruzamentos de *ef* com os eixos dos canais limitados pelas placas *P* e regulando os potenciais das duas placas respectivas. Esta operação teve de ser repetida várias vezes até se conseguir,

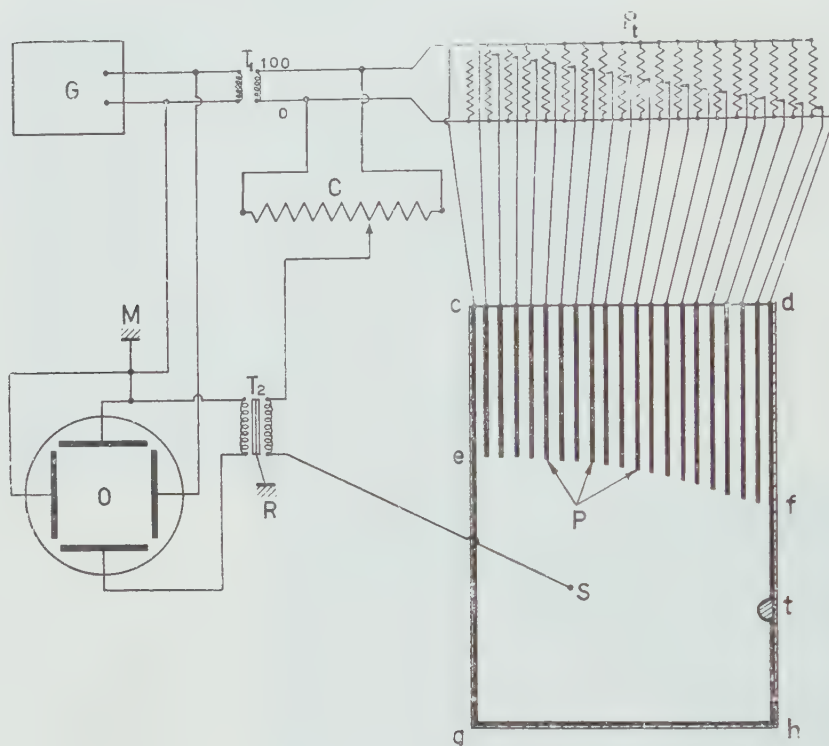


Fig. 7

G gerador, *T*₁ transformador, *T*₂ transformador de écran, *P*₁ potenciômetros, *C* ponte de medida, *O* oscilógrafo, *R* terra, *M* massa, *S* sonda, *t* dreno

por aproximações sucessivas, o resultado desejado, pois que cada alteração introduzida na regulação do potencial de uma das placas modificava os potenciais das restantes, ainda que ligeiramente.

Feita esta regulação, não havia mais do que proceder ao traçado das equipotenciais. O modo de utilizar a sonda na investigação dos pontos de igual potencial foi absolutamente idêntico ao já descrito na analogia A.

Resta, finalmente, dizer alguma coisa sobre a maneira de marcar no papel de desenho os pontos correspondentes aos determinados sobre o modelo; da correcção desta operação depende muito o rigor dos resultados obtidos e, por isso, vale a pena fazer-lhe referência especial.

A fig. 8 mostra o dispositivo adoptado, que é parcialmente visível nas fotografias 2 e 3.

A sonda, cuja extremidade inferior (parte que mergulha na água) é formada por um delgado fio de platina, é mantida na posição vertical pelo porta-sonda, que permite fazer variar a sua altura e que se pode

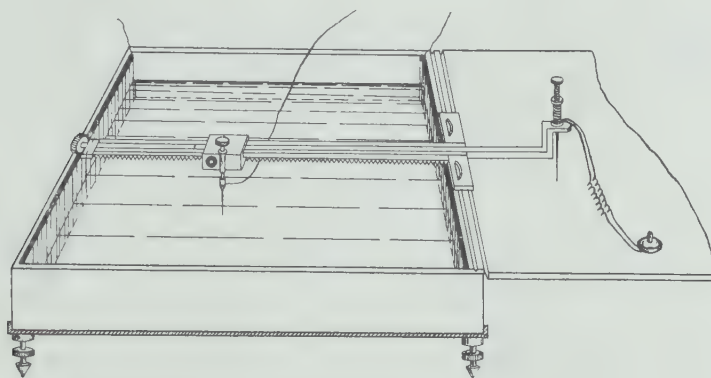


Fig. 8

deslocar em duas direcções perpendiculares (segundo YY' sobre os carris e segundo XX' pela cremalheira).

Em todos os seus movimentos este porta-sonda arrasta consigo o porta-agulha registadora, essencialmente constituído por um dispositivo electro-magnético que comanda uma agulha metálica.

Colocada a sonda num ponto qualquer do modelo, para marcar a respectiva posição sobre o papel de desenho, basta premir o botão que acciona o referido dispositivo electro-magnético, fazendo assim descer bruscamente a agulha metálica, que faz um pequeníssimo furo numa folha de papel previamente fixada sobre uma prancheta de madeira tornada solidária com o modelo.

Este dispositivo permite também transportar para o papel de desenho o contorno e pormenores do modelo, encostando a sonda aos pontos necessários para os definir; deste modo, quando a sonda é utilizada na marcação das equipotenciais, estas ficam, necessariamente, bem desenhadas em correspondência com o modelo.

B — Resultados experimentais:

Procedemos do modo que acabamos de referir sobre vinte e sete modelos — em cada analogia — mantendo-se sempre os valores $L=td=40$ cm e $cd=gh=40$ cm (fig. 5, 6 e 7) e fazendo variar, de modelo para modelo, o diâmetro do dreno (d) — 2,4 cm, 1,6 cm e 0,8 cm — a distância do centro do dreno à camada impermeável (medida sobre YY') (p) — 40 cm, 16 cm e $\frac{d}{2} + 2$ mm — e a distância do centro do dreno ao ponto e (medida sobre YY') (l) — 20 cm, 14 cm e 8 cm.

O número total de modelos resultou das combinações feitas entre estes valores.

O traçado de equipotenciais — analogia A — obteve-se sempre estando o dreno t ao potencial 0 e o primeiro electrodo e_1 ao potencial 100, e considerando uma variação de potencial de 5 % entre duas linhas consecutivas. As linhas de corrente traçaram-se — analogia B — de modo a dividir o campo de cada modelo em dez tubos de corrente, cada um dos quais dá passagem a um décimo do caudal total ⁽¹⁾.

As figuras 9 a 35 mostram as redes de escoamento obtidas.

Vejamos agora as possibilidades que nos oferecem estes traçados.

Tomemos sobre a rede de escoamento l_a (Fig. 9), por exemplo, um elemento de tubo de corrente compreendido entre duas equipotenciais consecutivas, distanciadas de dl , e seja da a sua largura média.

Por serem as equipotenciais linhas de igual carga hidrostática [$\varphi = -KH = -K(h + \gamma)$], a diferença de carga entre dois pontos do terreno homólogos de a e b , tomados sobre as duas equipotenciais consideradas, será igual à diferença de carga hidrostática entre os dois pontos do terreno homólogos de a' e b' . Como nestes dois pontos é $h=0$ a diferença de carga entre os dois primeiros será dada por

$$\cdot dH = H_2 - H_3 = j_2 - j_3.$$

Seja $dH_1 = l_2 - l_3$ o valor que no modelo corresponde a dH .

Designemos por dL e dA os valores que no terreno correspondem respectivamente a dl e da .

⁽¹⁾ Tendo-se considerado que acima de EF as linhas de corrente são verticais, os seus prolongamentos dividem CD em dez segmentos iguais.

Admitamos que o tubo de corrente considerado dá passagem ao caudal dQ e tem, no terreno, 1 cm de profundidade (medido perpendicularmente ao plano XY). A lei de DARCY permite, então, escrever

$$dQ = K \frac{dH}{dL} dA,$$

ou

$$(3) \quad \frac{dQ}{K} = dH \frac{dA}{dL}.$$

Representando por Q o volume de água das chuvas que na unidade de tempo penetra em 1 m^2 (10000 cm^2) da superfície do terreno e por dS a parte desta superfície em que penetra a água que se escoo pelo tubo de corrente considerado, o valor de dQ será dado por

$$dQ = \frac{Q}{10000} dS,$$

que, substituído em (3), permite escrever

$$\frac{Q}{K} = dH \frac{dA}{dL} \frac{10000}{dS}.$$

Se considerarmos que a escala do modelo em que foi traçada a rede de escoamento é $1/n$ e notando que é sempre igual a 4 cm a largura que em qualquer modelo corresponde a dS , a expressão anterior pode escrever-se do seguinte modo:

$$\frac{Q}{K} = n dH_1 \frac{n da}{n dl} \frac{10000}{4n},$$

ou

$$(4) \quad \frac{Q}{K} = 2500 dH_1 \frac{da}{dl}.$$

Considerando qualquer das redes de escoamento obtidas, e atendendo à maneira como elas foram traçadas, o valor dH_1 é constante para todos os pares de equipotenciais sucessivas que se tomem, e a razão da/dl é também sempre a mesma para qualquer tubo de corrente, traçado nas condições mencionadas.

O cálculo de dH_1 faz-se facilmente a partir dos registos das experiências, isto é, dos registos dos potenciais medidos e das medições feitas

sobre os modelos. Assim, tomando para exemplo o traçado 1_a (fig. 9) e registos respectivos, pode considerar-se praticamente que $v_1 = 71,4 \%$ e $l_1 = 18,8$ cm são os valores do potencial e da carga no ponto e, e atendendo a que (2)

$$\frac{v_1}{l_1} = \frac{v_2}{l_2} = \frac{v_3}{l_3} = \frac{v_2 - v_3}{l_2 - l_3},$$

poderemos escrever

$$dH_1 = \frac{l_2 - l_3}{v_1} \frac{v_2 - v_3}{l_2 - l_3} l_1.$$

Portanto, o valor dH_1 correspondente a uma variação de potencial de 5 % (valor sempre adoptado para diferença entre duas equipotenciais sucessivas) será dado por

$$dH_1 = \frac{5}{71,4} \times 18,8 = 1,32 \text{ cm.}$$

O valor de da/dl , referente a cada rede de escoamento, obtém-se por medição directa; no entanto, procurou-se sempre a média dos seus valores em diversas regiões de cada traçado, pois que inevitáveis erros experimentais e de desenho provocam pequenos desvios do verdadeiro valor.

No Quadro III estão registados os valores obtidos nas medições e pelas operações efectuadas sobre todos os resultados experimentais.

Determinados os valores de dH_1 e de da/dl referentes a uma rede de escoamento, traçada experimentalmente pelos processos descritos, esta será válida sempre que o cociente Q/K tenha o valor dado pela expressão (4).

Assim, tomando para exemplo o traçado 7_c (fig. 29), os resultados que a ele se referem permitirão dizer que, se num terreno de permeabilidade K collocarmos drenos com o diâmetro de 10 cm distanciados de 10 m e situados 5 m acima da camada impermeável, para uma queda pluviométrica tal que $Q/K = 1018$, o ponto mais elevado do nível freático se situará 1 m (valor resultante da medição sobre o desenho) acima do centro do dreno. Corresponde este resultado a ter-se considerado que o modelo em que se executou o traçado 7_c representa na escala 1/12,5 o que se passará no terreno.

Se a escala do modelo fosse 1/6,25, concluir-se-ia que, para o citado valor de Q/K , o ponto mais elevado do nível freático atingiria apenas 0,50 m acima dos centros de drenos, cujo diâmetro seria de 5 cm,

distanciados de 5 m e encontrando-se a camada impermeável 2,5 m abaixo dos centros dos drenos.

Vê-se assim que será possível obter grande número de resultados com uma só rede de escoamento, para o que apenas bastará adoptar escalas diversas.

QUADRO III

Modelos	d	p	l	v_1	dH_1	$\frac{da}{dl}$	$\frac{Q}{K}$
	cm	cm	cm	‰	cm	cm	cm ²
1a	2,4	40,0	20,0	71,40	1,32	1,025	3383
1b	2,4	40,0	14,0	65,00	0,98	0,934	2288
1c	2,4	40,0	8,0	61,20	0,56	0,823	1152
2a	2,4	16,0	20,0	73,70	1,28	0,979	3133
2b	2,4	16,0	14,0	67,70	0,95	0,888	2109
2c	2,4	16,0	8,0	64,40	0,53	0,774	1026
3a	2,4	1,4	20,0	79,30	1,19	0,752	2237
3b	2,4	1,4	14,0	76,70	0,83	0,636	1320
3c	2,4	1,4	8,0	78,00	0,44	0,469	516
4a	1,6	40,0	20,0	75,60	1,27	0,962	3054
4b	1,6	40,0	14,0	69,78	0,95	0,891	2116
4c	1,6	40,0	8,0	66,15	0,54	0,795	1073
5a	1,6	16,0	20,0	75,10	1,28	0,907	2902
5b	1,6	16,0	14,0	70,10	0,94	0,810	1904
5c	1,6	16,0	8,0	66,90	0,54	0,705	952
6a	1,6	1,0	20,0	79,00	1,22	0,670	2044
6b	1,6	1,0	14,0	76,30	0,87	0,566	1231
6c	1,6	1,0	8,0	77,70	0,46	0,428	492
7a	0,8	40,0	20,0	79,60	1,23	0,860	2645
7b	0,8	40,0	14,0	74,90	0,91	0,818	1861
7c	0,8	40,0	8,0	71,40	0,53	0,768	1018
8a	0,8	16,0	20,0	76,30	1,28	0,830	2650 (*)
8b	0,8	16,0	14,0	70,50	0,96	0,755	1800 (*)
8c	0,8	16,0	8,0	66,60	0,57	0,653	925 (*)
9a	0,8	0,6	20,0	84,30	1,16	0,610	1769
9b	0,8	0,6	14,0	81,60	0,83	0,526	1091
9c	0,8	0,6	8,0	82,40	0,46	0,381	438

NOTA — Como facilmente se verifica, pela comparação com os restantes, os valores assinalados com (*) são demasiadamente elevados, certamente devido a qualquer erro experimental.

Na impossibilidade de repetir as experiências, marcaram-se estes valores nas Figs. 41, 42 e 43, mas não se tomaram em consideração ao traçar as respectivas curvas. Estas foram corrigidas com o auxílio de várias curvas auxiliares expressamente traçadas com esse fim.

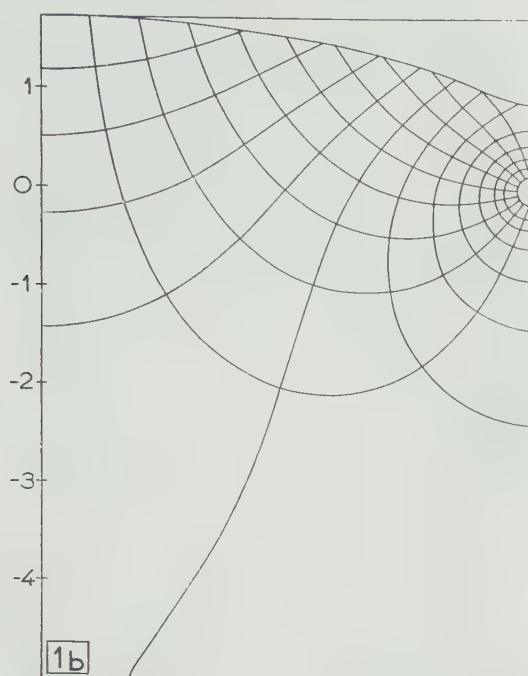


Fig. 10 — $d=2,1$ cm, $p=40,0$ cm, $l=14,0$ cm

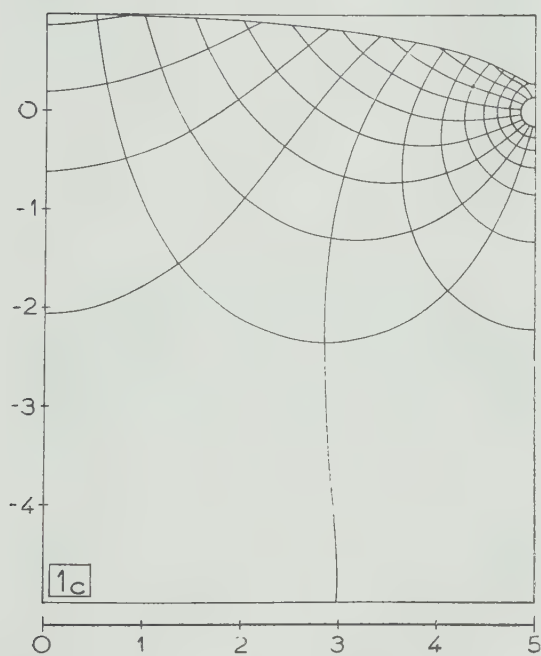


Fig. 11 — $d=2,4$ cm, $p=40,0$ cm, $l=8,0$ cm

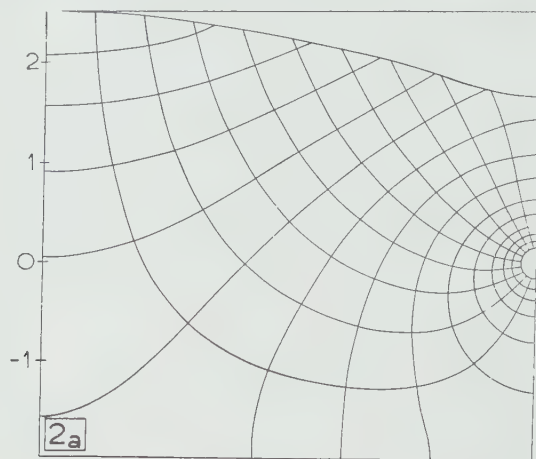


Fig. 12 — $d=2,4$ cm, $p=16,0$ cm, $l=20,0$ cm

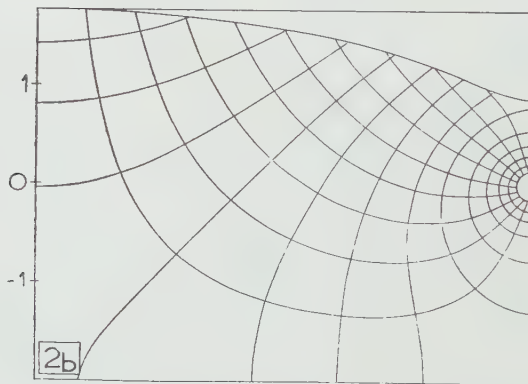


Fig. 13 — $d=2,4$ cm, $p=16,0$ cm, $l=14,9$ cm

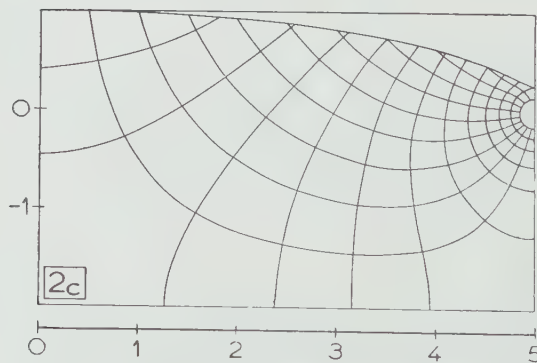
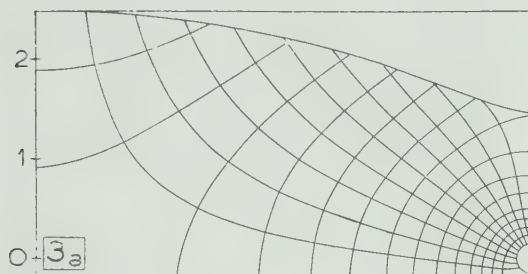
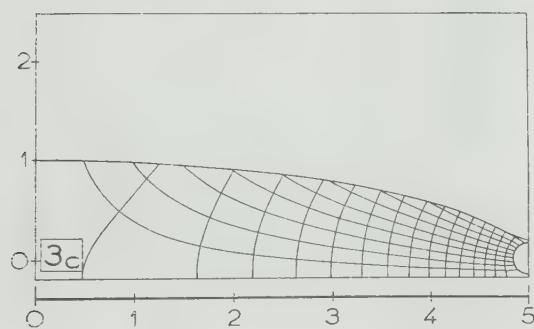


Fig. 14 — $d=2,4$ cm, $p=16,0$ cm, $l=8,0$ cm

Fig. 15 — $d=2,4$ cm, $p=1,4$ cm, $l=20,0$ cmFig. 16 — $d=2,4$ cm, $p=1,4$ cm, $l=14,0$ cmFig. 17 — $d=2,4$ cm, $p=1,4$ cm, $l=8,0$ cm

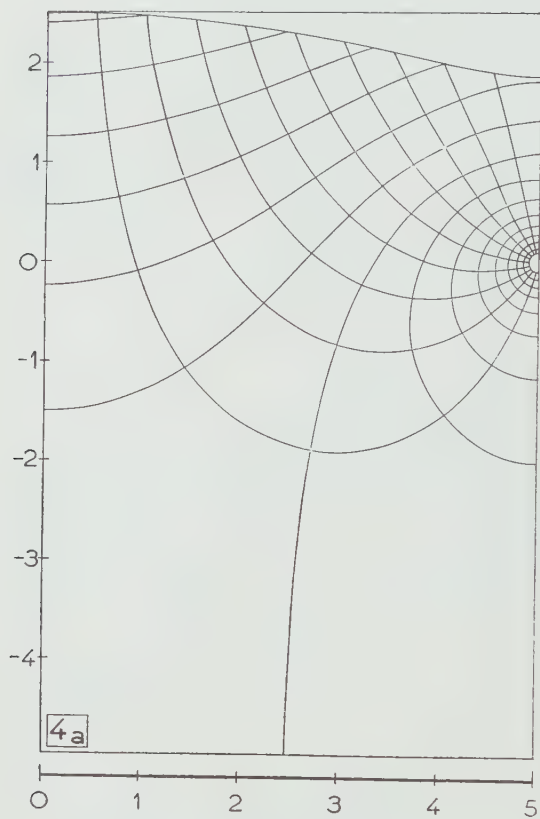
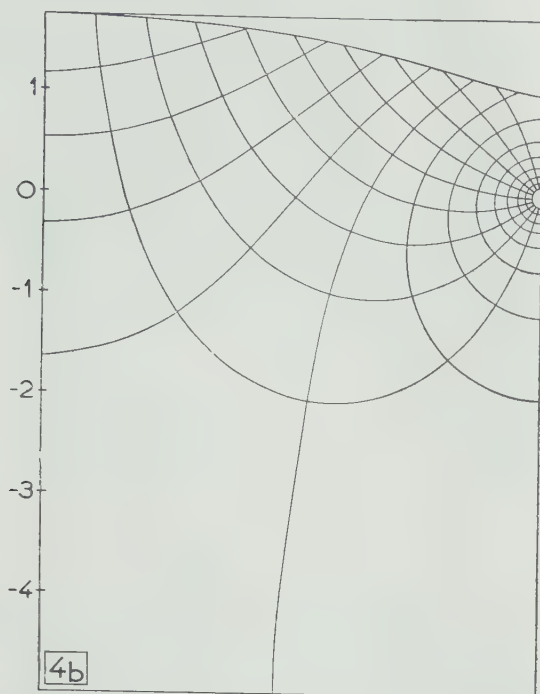
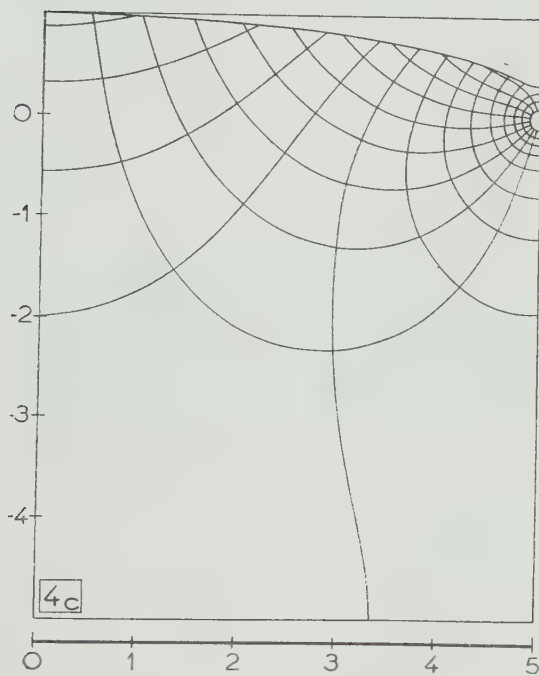
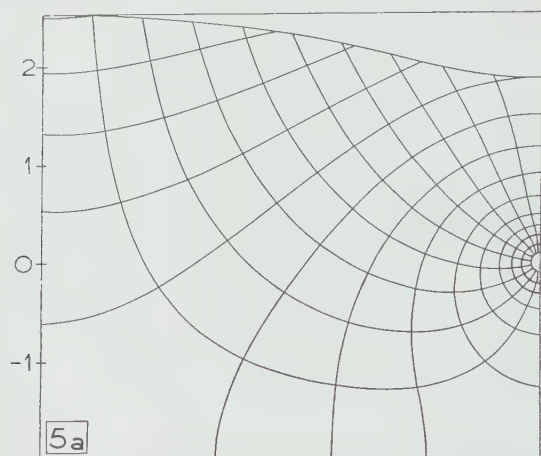
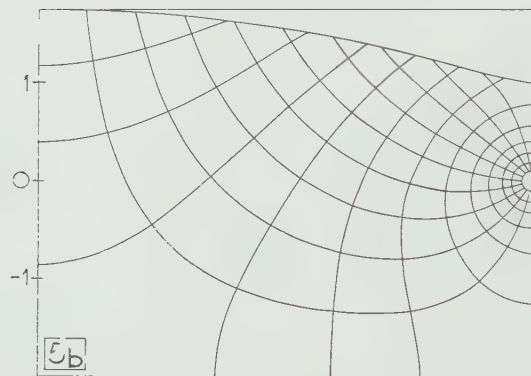
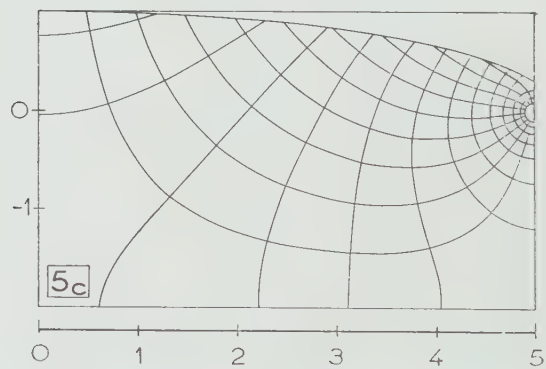
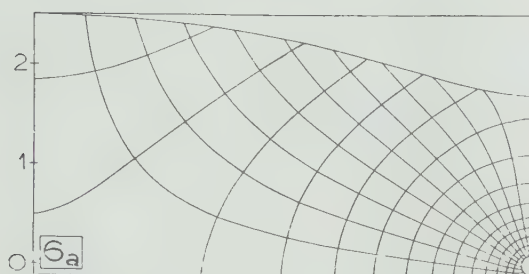
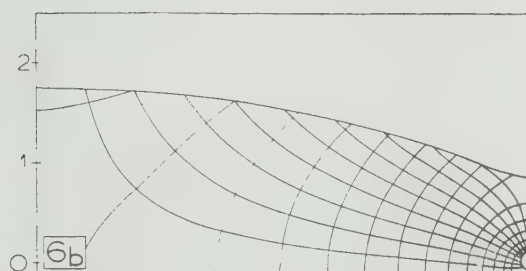
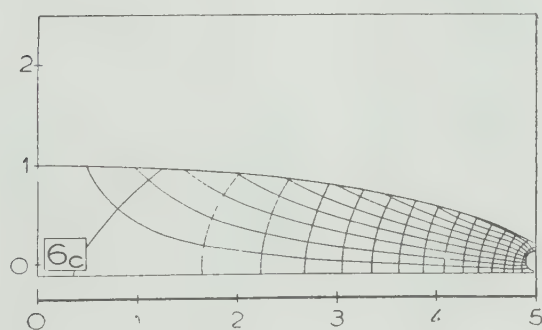


Fig. 18

$$d=1,6 \text{ cm}, \quad p=40,0 \text{ cm}, \quad l=20,0 \text{ cm}$$

Fig. 19 — $d=1,6$ cm, $p=40,0$ cm, $l=14,0$ cmFig. 20 — $d=1,6$ cm, $p=40,0$ cm, $l=8,0$ cm

Fig. 21 — $d=1,6$ cm, $p=16,0$ cm, $l=20,0$ cmFig. 22 — $d=1,6$ cm, $p=16,0$ cm, $l=14,0$ cmFig. 23 — $d=1,6$ cm, $p=16,0$ cm, $l=8,0$ cm

Fig. 24 — $d=1,6$ cm, $p=1,0$ cm, $l=20,0$ cmFig. 25 — $d=1,6$ cm, $p=1,0$ cm, $l=14,0$ cmFig. 26 — $d=1,6$ cm, $p=1,0$ cm, $l=8,0$ cm

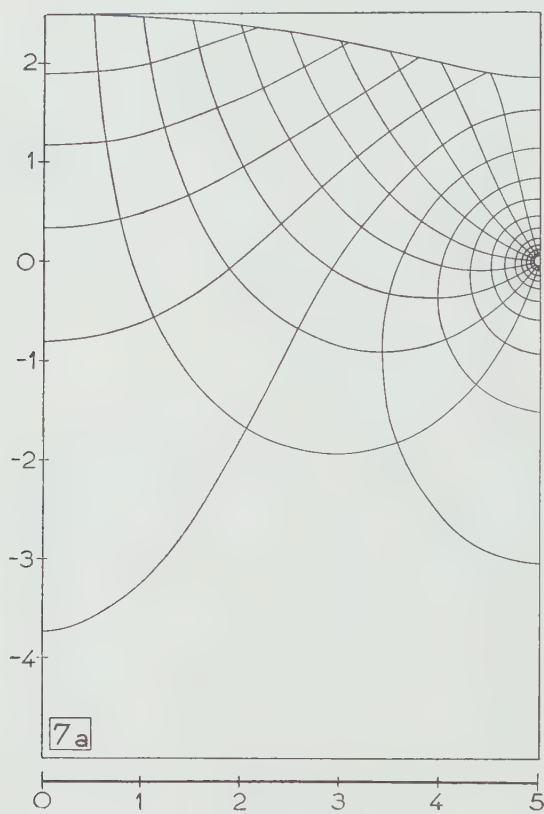


Fig. 27

$$d=0,8 \text{ cm}, \quad p=40,0 \text{ cm}, \quad l=20,0 \text{ cm}$$

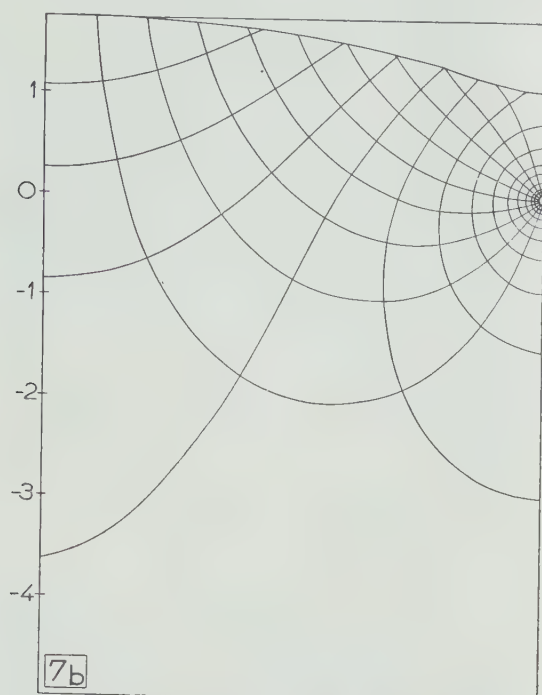


Fig. 28 — $d=0,8$ cm, $p=40,0$ cm, $l=14,0$ cm

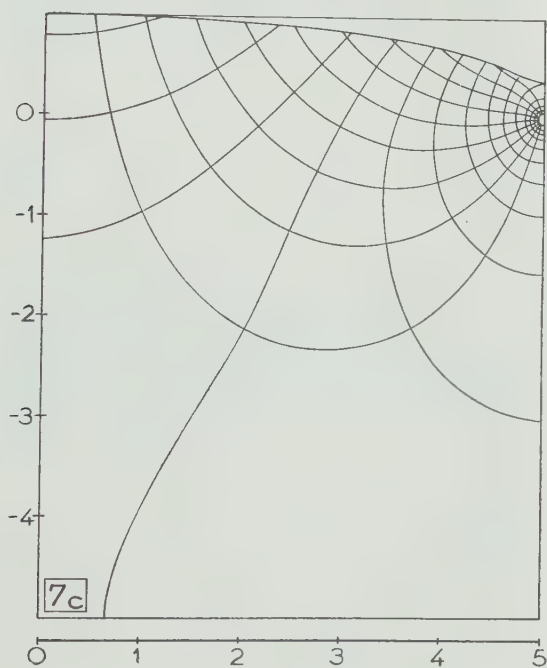
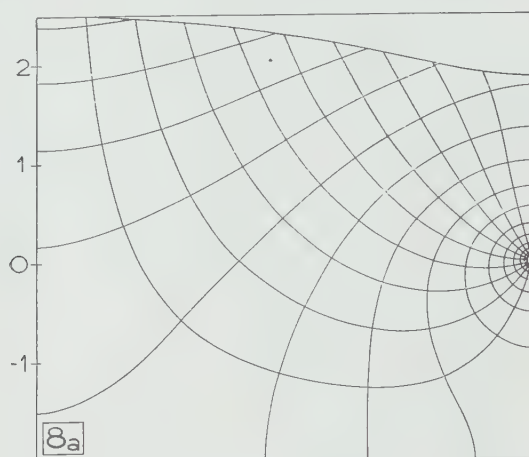
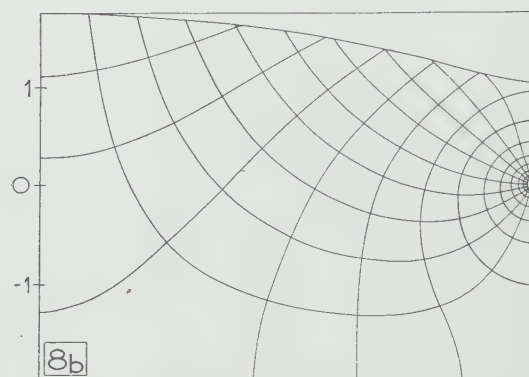
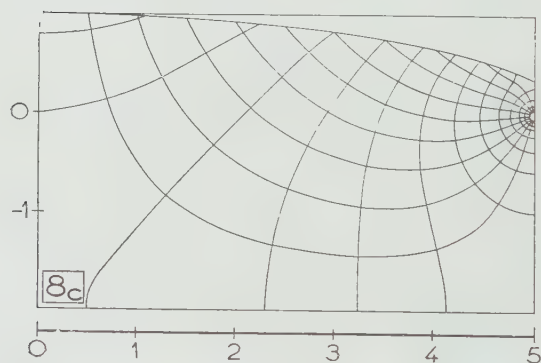
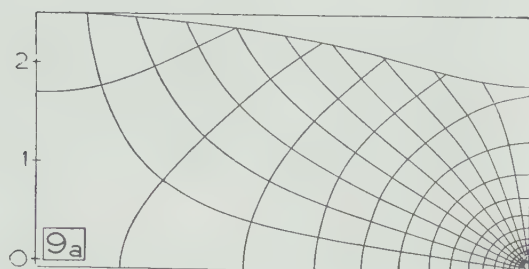
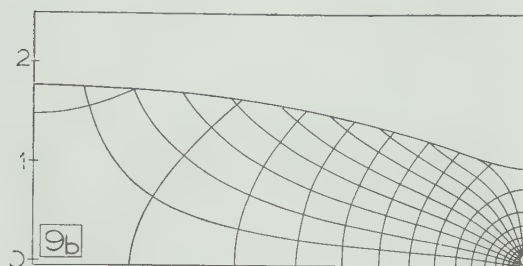
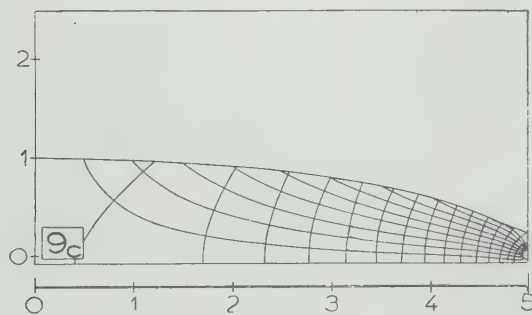


Fig. 29 — $d=0,8$ cm, $p=40,0$ cm, $l=8,0$ cm

Fig. 30 — $d=0,8$ cm, $p=16,0$ cm, $l=20,0$ cmFig. 31 — $d=0,8$ cm, $p=16,0$ cm, $l=14,0$ cmFig. 32 — $d=0,8$ cm, $p=16,0$ cm, $l=8,0$ cm

Fig. 33 — $d=0,8$ cm, $p=0,6$ cm, $l=20,0$ cmFig. 31 — $d=0,8$ cm, $p=0,6$ cm, $l=14,0$ cmFig. 35 — $d=0,8$ cm, $p=0,6$ cm, $l=8,0$ cm

III.4 — O caso dos terrenos com camadas de diferentes permeabilidades.

Temos considerado, até agora, que a água no seu movimento atravessa terreno homogêneo e isotrópico. Porém, com grande frequência, o movimento efectua-se, realmente, atravessando a água zonas a que correspondem coeficientes de permeabilidade diferentes.

Vejamos em primeiro lugar como se modifica a rede de escoamento ao passar de uma zona de permeabilidade K_1 para outra zona de permeabilidade K_2 , supondo que ambas se podem considerar formadas por porções de terreno isotrópico.

Suponhamos que a rede de escoamento na zona de permeabilidade K_1 foi traçada de modo que duas linhas de corrente consecutivas e duas

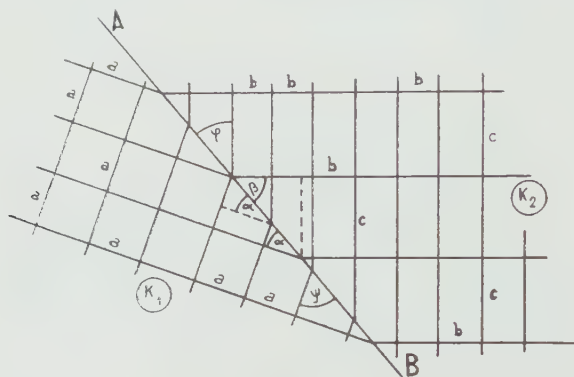


Fig. 36

equipotenciais, também consecutivas, formam um quadrado de lado a . A figura 36 mostra claramente que na zona de permeabilidade K_2 a rede de escoamento será formada por rectângulos, de lados c e b , pois que as linhas de corrente sofrem um desvio ao atravessarem a linha de separação AB .

Necessariamente o caudal dQ que se escoar por um tubo de corrente com espessura unitária, limitado por duas linhas de corrente consecutivas, será o mesmo de um e outro lado da linha de separação das duas zonas.

A lei de DARCY permite, então, escrever

$$dQ = K_1 a \frac{dH}{a} = K_2 c \frac{dH}{b},$$

sendo dH a diferença de carga entre duas equipotenciais consecutivas.

Desta expressão se conclui que

$$(1) \quad \frac{K_1}{K_2} = \frac{c}{b}.$$

Por outro lado, pela figura, vê-se que

$$c = a \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \quad \text{e} \quad b = a \frac{\cos \beta}{\cos \alpha},$$

donde

$$\frac{c}{b} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Finalmente, esta expressão e (1) permitem escrever

$$(2) \quad \frac{K_1}{K_2} = \frac{c}{b} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

De modo idêntico se obtêm as relações:

$$(3) \quad \frac{K_1}{K_2} = \frac{c}{b} = \frac{\operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \varphi}.$$

Das expressões (1), (2) e (3) e da figura conclui-se que:

- a) sendo a rede de escoamento na zona de permeabilidade K_1 formada por quadrados, na zona de permeabilidade K_2 ela será constituída por rectângulos de lados c e b , cuja razão é igual à razão entre os valores de K ;
- b) os coeficientes de permeabilidade das duas zonas são inversamente proporcionais às tangentes dos ângulos de intersecção das linhas de corrente com a linha de separação AB e são directamente proporcionais às tangentes dos ângulos de intersecção das equipotenciais com a mesma linha;
- c) no caso figurado é $K_1 > K_2$.

É, portanto, possível fazer o traçado da rede de escoamento numa zona de permeabilidade K_2 desde que já seja conhecido o seu traçado na zona de permeabilidade K_1 .

O traçado das redes de escoamento pelo método gráfico, preconizado por FORCHHEIMER, não é de fácil execução nem rigorosos são os resultados obtidos, sobretudo quando seja utilizado por pessoa pouco prática no seu uso. Mesmo os autores, como A. CASAGRANDE [7], que procuram realçar as suas vantagens em relação a outros métodos, se vêm forçados a reconhecer que um principiante terá de ser grandemente ajudado e encorajado nos seus esforços até que consiga adquirir perícia suficiente.

É evidente que o problema se complica extraordinariamente quando se trata de um meio heterogéneo, como o que estamos considerando.

Para obter estes traçados pode-se recorrer a ensaios laboratoriais utilizando métodos como seja o da analogia eléctrica, o emprego de modelos hidráulicos, etc.

O conhecimento das relações que acabamos de estabelecer permitem afinar os pormenores da técnica a utilizar, de modo a conseguirem-se resultados de acordo com elas.

Vejamos como deverá ser construído um modelo eléctrico para atender à existência de zonas de diferentes permeabilidades.

A lei de DARCY, como já se referiu, pode escrever-se do seguinte modo:

$$\vec{V} = -K \text{ grad } H,$$

tendo as componentes de $\vec{V}$ os valores

$$u = -K \frac{\partial H}{\partial x} \quad \text{e} \quad v = -K \frac{\partial H}{\partial y}.$$

Entrando com estes valores na equação da continuidade — II.4 (3) —, poderá escrever-se

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial H}{\partial y} \right) = 0.$$

A função de corrente ψ será tal que

$$\begin{cases} \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{1}{K} \frac{\partial \psi}{\partial y} \\ \frac{\partial H}{\partial y} = -\frac{1}{K} \frac{\partial \psi}{\partial x} \end{cases}.$$

Também já se referiu que, utilizando um condutor de condutibilidade c e de espessura e , as funções associadas v e w , respectivamente potencial eléctrico e função de corrente eléctrica, estão ligadas pelas relações:

$$\begin{cases} \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{ce} \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{ce} \frac{\partial w}{\partial x} \end{cases}$$

O emprego de um modelo essencialmente constituído por um condutor nas condições mencionadas permite a analogia dos dois campos, identificando com o potencial hidrodinâmico o potencial eléctrico (analogia directa) ou a função de corrente eléctrica (analogia inversa). Isto é:

$$\text{analogia A } \begin{cases} H = mv \\ \psi = nw, \end{cases} \quad \text{sendo } e = K \frac{m}{nc};$$

$$\text{analogia B } \begin{cases} H = m'w \\ \psi = -n'v, \end{cases} \quad \text{sendo } e = \frac{1}{K} \frac{n'}{m'c};$$

sendo m , n , m' e n' constantes.

Verifica-se, portanto, que empregando a analogia A a espessura do condutor a realizar será directamente proporcional a K . Aliás, era de prever este resultado, pois que a uma mais forte permeabilidade do terreno corresponde uma menor resistência à passagem da água e num condutor eléctrico uma menor resistência à passagem da corrente consegue-se com uma maior espessura do condutor.

As expressões anteriores mostram ainda que no caso da analogia inversa a espessura do condutor será inversamente proporcional a K .

Suponhamos, então, que pretendemos construir um modelo eléctrico, utilizando como condutor a água, para obter o traçado da rede de escoamento referente a um terreno formado por duas zonas de permeabilidades diferentes K_1 e K_2 . Consideremos que $K_1 > K_2$ e que se escolhe a analogia A.

Poderemos, para tal fim, utilizar uma tina (Fig. 37) cujo fundo (sempre horizontal) apresente uma discontinuidade de profundidade ao

longo da linha mn (imagem da linha de separação das duas zonas de terreno) de tal modo que se verifique a condição

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{K_1}{K_2}.$$

No entanto, isto não basta, pois que ao longo de mn se dariam perturbações; estas podem, porém, evitar-se colocando verticalmente segundo esta linha uma série de fios condutores que assegura a constância do potencial em profundidade, como se pode verificar por medi-

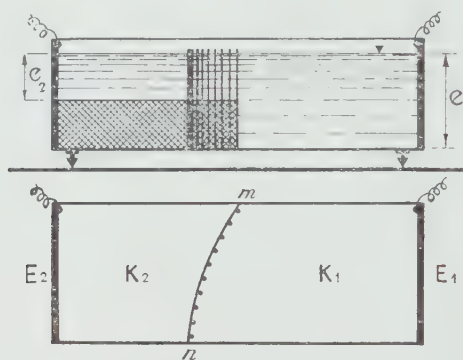


Fig. 37

ções de potencial feitas em diversos pontos pertencentes a uma mesma vertical [65].

Para manter a uniformidade do campo, mesmo na região próxima de mn , será necessário que aqueles fios tenham diâmetros e separações convenientes (por exemplo [37] — fios de latão de 6/10 a 8/10 de milímetros de diâmetro, espaçados de 5 a 6 mm).

Porém, este dispositivo é apenas utilizável para variações de K relativamente pequenas.

Consideremos, com o fim de provar esta afirmação, a existência de vários modelos semelhantes àquele a que acabamos de fazer referência, sendo o valor de e_1/e_2 diferente de modelo para modelo. Suponhamos que os electrodos E_1 e E_2 estão ligados aos polos 0 e 100 e que a aparelhagem utilizada permite o traçado de equipotenciais sucessivas diferindo no máximo de 1 %.

Traçando as equipotenciais num destes modelos verifica-se que na zona de profundidade e_2 , correspondente à zona do terreno de permea-

bilidade menor (K_2), elas estarão, evidentemente, mais próximas uma das outras do que na zona de profundidade e_1 (como se deduz da simples inspecção da Fig. 36); operando sobre outro modelo, em que a diferença entre e_1 e e_2 seja maior, menos equipotenciais se conseguirão traçar na zona de profundidade e_1 e mais aproximadas elas se encontrarão na outra zona; continuando a traçar equipotenciais nos diversos modelos, considerando sempre os que correspondem a valores crescentes de e_1/e_2 , verifica-se, necessariamente, que a partir de certo limite se não obterá equipotencial alguma na zona de maior profundidade, tornando-se assim impossível o traçado da rede de escoamento nesta zona.

Mas, mesmo para estes casos, será ainda possível o emprego do método de analogia eléctrica, utilizando condutores diferentes nas duas zonas; torna-se, porém, necessário dividir a tina por meio de uma parede impermeável segundo mn , o que permitirá empregar de um e outro lado soluções salinas diferentes (pelo menos na sua concentração), cujas condutibilidades designaremos por c_1 e c_2 .

Doseando estas soluções e fazendo variar as espessuras e_1 e e_2 de modo conveniente, é possível conseguir-se a representação, em modelos, de uma infinidade de casos, devendo verificar-se sempre a condição

$$\frac{c_1 e_1}{c_2 e_2} = \frac{K_1}{K_2}.$$

Apenas há ainda que referir que, neste caso, os fios metálicos que há pouco dissemos deverem colocar-se segundo mn não solucionam agora o problema. Com o mesmo fim pode, por exemplo, utilizar-se uma placa delgada de ebonite cuja superfície é coberta (em 3 das suas faces) por uma camada de metalização que, com o auxílio de uma lima, se transforma facilmente numa série de cavaletes condutores. Colocando esta placa segundo mn fica assegurada a passagem da corrente de uma para outra zona com constância de potencial em profundidade.

Na aplicação do método de analogia eléctrica ao estudo do problema que nos ocupa — o da drenagem — vimos que a determinação da linha que então designámos por ef é impraticável utilizando um condutor líquido, que só empregámos na analogia inversa para o traçado das linhas de corrente, depois de conhecermos aquela linha.

No caso da existência de zonas de diferentes permeabilidades, acabamos de ver que os modelos se complicam e, portanto, maiores serão as dificuldades.

Porém, o uso de condutores sólidos não é, também, isento de dificuldades.

É evidente que, nos modelos construídos com condutores deste último tipo, às zonas do terreno de diferentes permeabilidades correspondem também zonas de diferentes resistências do condutor; a aplicação, com este fim, de camadas de grafite convenientemente distribuídas, aconselhada por alguns autores [39:320] [8], não é de execução fácil, pelo menos garantindo a uniformidade necessária a cada zona; preferível parece ser o uso de folhas condutoras uniformes sobrepostas,

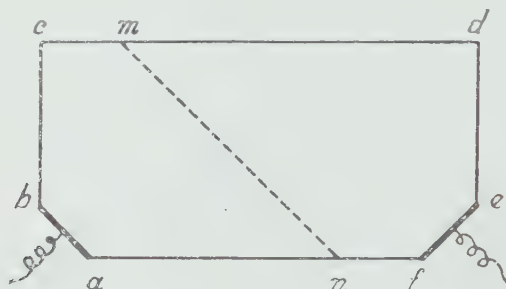


Fig. 38

o que obriga, porém, a técnica especial e difícil na execução dos modelos de modo a garantir a existência de bons contactos.

Fomos assim levados a fazer um primeiro ensaio para a utilização do papel *Teledeltos* em modelos representando zonas de diferentes permeabilidades.

Nesta primeira tentativa para encontrar um método de ensaio, apenas procurámos verificar se a técnica usada conduz a resultados concordantes com a expressão (3), abstraindo de qualquer problema concreto.

Com este fim começámos por usar uma folha daquele papel cortada com a forma $abcdef$ (Fig. 38), imagem de uma porção de terreno uniforme e isótropo, em que se estabeleceu uma corrente eléctrica de ab para ef , por se terem ligado os electrodos colados em ab e ef ao papel condutor, respectivamente, aos polos positivo e negativo do rectificador-transformador. As equipotenciais foram então traçadas sobre o modelo.

Supusemos em seguida que o domínio considerado estava dividido, pela linha mn , em duas zonas de permeabilidades K_1 e K_2 , tais que $K_1 = 2K_2$.

Utilizando a mesma escala, cortou-se uma folha (I) de *Teledeltos* com a forma $abcmn$, colando-se um electrodo em ab e 18 pequenos

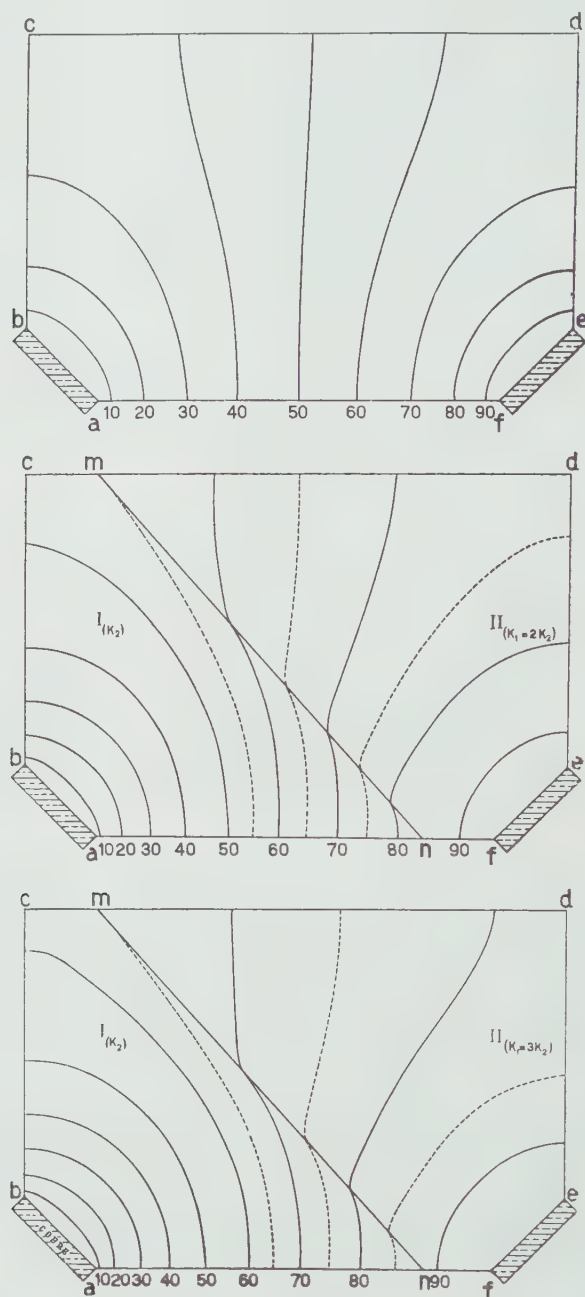


Fig. 10

resolvido completamente o problema da construção destes modelos, mesmo para as pequenas variações de permeabilidade.

Exactamente porque os resultados conseguidos não eram rigorosos, procurámos compará-los com os que se podem obter utilizando outro método de ensaio completamente diferente — modelos hidráulicos — empregado por KIRKHAM [28], GUSTAFFSON [18], HARDING e WOOD [21] e tantos outros autores.

Fizemos uso de um pequeno tanque ($0,80 \times 0,40 \times 0,08$ m) em *Plexiglas*, expressamente construído, sendo uma das suas maiores faces atravessada no centro por um tubo do mesmo material, que se prolongava no interior do tanque até à face oposta e cuja parede apresentava numerosos orifícios; representava este tubo um dreno, sendo o seu diâmetro interior de 0,012 m. Junto às paredes laterais colocaram-se dois semi-drenos em idênticas condições, sendo todos eles revestidos exteriormente por uma fina rede metálica, com o fim de impedir a passagem de partículas sólidas para o seu interior.

Utilizámos nos ensaios duas areias diferentes, de que se fez o estudo granulométrico e a determinação da permeabilidade pelo permeâmetro de TERZAGHI; os resultados destas determinações podem, de modo muito abreviado, apresentar-se do seguinte modo:

$$\begin{array}{l} \text{areia I} \quad \left\{ \begin{array}{l} d=0,1 \text{ a } 0,5 \text{ mm} — 50 \% \\ d=0,5 \text{ a } 2,0 \text{ mm} — 50 \% \\ K=10^{-2} \text{ cm/s} \end{array} \right. \\ \\ \text{areia II} \quad \left\{ \begin{array}{l} d=0,1 \text{ a } 0,2 \text{ mm} — 45 \% \\ d=0,2 \text{ a } 0,5 \text{ mm} — 55 \% \\ K=6 \times 10^{-3} \text{ cm/s.} \end{array} \right. \end{array}$$

Depois de uma série de experiências preliminares, tendentes a afinar a técnica, enchemos o tanque, até cerca de 10 cm acima dos centros dos drenos, com a areia I e, com o auxílio de um simples dispositivo de regulação, admitiu-se água na parte superior do tanque de forma a manter constante uma carga de cerca de 5 cm acima do nível da areia.

Ligeiramente enterradas em vários pontos da areia, e com as extremidades encostadas à parede anterior do tanque, foram colocadas agulhas (do tipo utilizado em injeções) ligadas por tubos de borracha a tubos de vidro que serviam de depósitos de permanganato de potássio. Pequenas pinças colocadas nos tubos de borracha permitiam regular a admissão do permanganato, que, corando as partículas de água que se

dirigiam aos drenos, tornavam visível o caminho percorrido pela água no seu movimento.

Num segundo ensaio utilizou-se de modo idêntico a areia II; num terceiro empregou-se uma pequena camada desta areia sobre outra do tipo I, invertendo-se estas posições numa quarta experiência.

Os resultados encontrados não permitiram de modo algum verificar a condição expressa por (3) com maior rigor do que o obtido com o dispositivo usado na aplicação do método de analogia eléctrica, atrás descrito.

As fotografias 4 e 5 referem-se respectivamente ao terceiro e ao quarto ensaios.

Os ensaios realizados com o emprego destes tanques, sendo sem dúvida bastante interessantes e dando curiosa visualização do movimento, são de técnica difícil, sendo-lhes inerentes algumas causas de erro impossíveis de anular completamente.

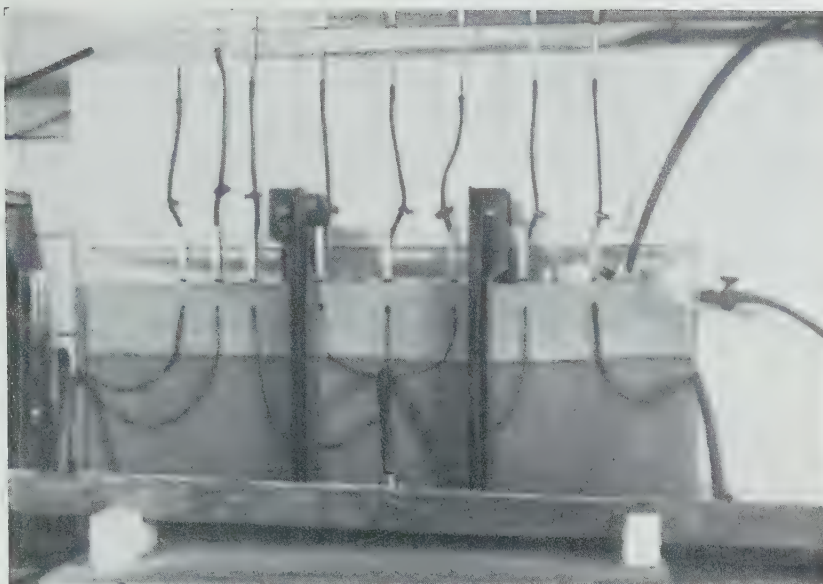
Assim, o movimento observado é o das partículas de água que se escoam junto à parede do tanque, que, necessariamente, encontram no seu percurso resistências diferentes das encontradas pelas que se movem no interior da areia.

Outra causa de erro, aliás intimamente relacionada com a anterior, reside na dificuldade, que cremos insuperável, de conhecer com exactidão a permeabilidade do meio nas condições em que é realizada a experiência, pois que ela varia com o modo como é feito o enchimento do tanque; ora, mesmo que este seja precisamente o utilizado no enchimento do permeâmetro de TERZAGHI (ou qualquer outro) certamente que junto às paredes do tanque — região em que se torna visível o movimento — a compactação obtida difere da das outras regiões.

III.5 — O caso dos terrenos anisótropos.

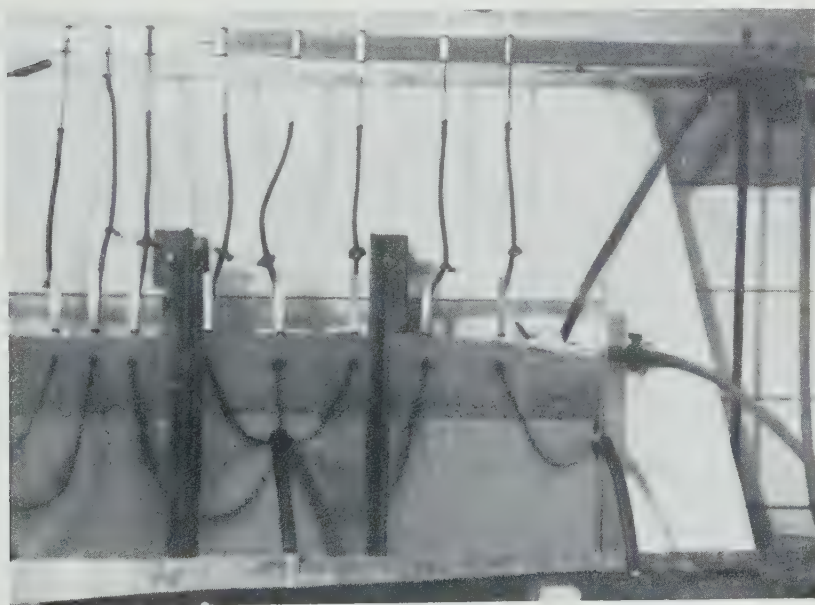
Em regra, mesmo nos solos que apresentam aspecto bastante uniforme, a permeabilidade varia não só com a profundidade, devido à maior compactação das zonas mais distanciadas da superfície, como com a direcção do movimento. Isto é, os solos naturais são geralmente anisótropos.

Com o fim de estudar o movimento da água num terreno anisótropo, cuja permeabilidade varie gradualmente com a profundidade, poderá começar-se por determinar um valor médio K_x para o coeficiente de permeabilidade na direcção horizontal e outro valor médio K_y para a



Fotografia 4

Escoamento verificado quando a camada de areia de menor permeabilidade (II) assentava sobre a de maior permeabilidade (I)



Fotografia 5

Escoamento verificado quando se inverteram (em relação ao caso da fotografia 4) as posições das duas camadas de areias

direcção vertical, sendo este geralmente bastante menor do que o primeiro.

O modo de proceder a estas determinações baseia-se fundamentalmente no traçado de curvas a partir dos valores de K_x e K_y obtidos sobre amostras de terreno colhidas a diversas profundidades [6:240-242].

Conhecidos K_x e K_y suporemos serem estes os valores dos coeficientes de permeabilidade horizontal e vertical em qualquer dos pontos do terreno em estudo; poderemos, então, dizer que o terreno é caracterizado apenas por anisotropia transversal.

O traçado da rede de escoamento é nestes casos possível pela utilização de uma transformação geométrica apropriada, como demonstrou pela primeira vez o engenheiro sueco SAMSIOE [57].

Da demonstração deste autor resulta a possibilidade de estudar o escoamento num solo anisótropo, em que o coeficiente de permeabilidade toma os valores K_x e K_y respectivamente para as direcções horizontal e vertical, procedendo-se do seguinte modo:

Escolhida uma escala $\left(\frac{1}{n}\right)$ para a representação da porção de terreno em estudo, constroi-se o modelo reduzindo todas as dimensões horizontais pela sua multiplicação pelo factor $\sqrt{\frac{K_y}{K_x}}$. ⁽¹⁾

Utilizando o método de analogia eléctrica ⁽²⁾, trata-se este modelo como se ele representasse um meio isótropo, obtendo-se a respectiva rede de escoamento.

Obtida esta rede reproduz-se o seu traçado na escala original $\left(\frac{1}{n}\right)$, para o que bastará que todas as medições feitas no modelo na direcção horizontal sejam multiplicadas por $\sqrt{\frac{K_x}{K_y}}$, mantendo-se inalteradas as feitas sobre as ordenadas.

O traçado obtido representará as equipotenciais e linhas de corrente do meio anisótropo, que nestes casos se não intersectarão segundo ângulos rectos.

A quantidade de água escoada, através do solo anisótropo considerado, pode ser obtida utilizando a rede de escoamento traçada sobre o modelo e tomando para coeficiente de permeabilidade o valor $K_r = \sqrt{K_x K_y}$ [7].

⁽¹⁾ Consideramos aqui $K_x > K_y$, como em regra sucede.

⁽²⁾ É evidente que o modelo pode ser construído visando a utilização de qualquer dos métodos susceptíveis de emprego no traçado da rede de escoamento.

IV — Conclusão

Apresentados os resultados que obtivemos nos ensaios realizados pelo método de analogia eléctrica, trataremos agora, neste último capítulo, das conclusões que deles é possível tirar, referir-nos-emos a algumas das principais objecções a que está sujeito o emprego do método (em particular do modo como por nós foi utilizado) e ainda às possibilidades da sua aplicação a casos práticos concretos, bem como às vantagens que dela poderão resultar.

Começaremos por procurar as conclusões a que nos conduz a comparação das inclinações médias das linhas que representam as superfícies freáticas nos traçados apresentados nas figuras 9 a 35, os quais foram agrupados em nove grupos de três.

Os traçados de cada grupo foram obtidos fazendo variar o valor de l , o que corresponde a uma variação de Q/K , e conservando para todos eles constantes os restantes valores.

Comparando os declives médios dos traços das superfícies freáticas (sobre os planos verticais representados pelos papeis de desenho) do primeiro ou segundo traçados com o do terceiro de cada grupo, verificaremos que os daqueles são maiores do que o deste. Portanto, se admitirmos que a variação de Q/K é apenas devida à consideração de terrenos diferentes, de traçado para traçado (isto é, Q igual e K diferente nos três casos), poderemos dizer que a uma maior permeabilidade do terreno (Q/K menor) corresponde um menor declive da linha que representa a superfície freática, o que está de acordo com as observações de vários autores e é uma das conclusões das experiências de DELACROIX.

No entanto, se se compararem os declives das três curvas, de qualquer dos grupos, verifica-se que os seus valores são aproximadamente iguais para as duas primeiras e bastante inferiores para a última.

Ora, se considerarmos que estas três curvas dizem respeito a um mesmo terreno (K igual nos três casos) e são diferentes apenas por corresponderem a diversos valores de Q , isto é, que a variação de Q/K é apenas devida ao numerador, poderemos considerá-las como três estados por que passa a superfície freática quando após uma chuvada prolongada, que fixou a sua posição na que indica o primeiro dos traçados do grupo, a chuva cessou bruscamente; bastará, para isso, considerar as diversas posições por que passa a superfície freática, durante o seu abaixamento, como uma sequência de estados devidos a regimes permanentes momentâneos, como fez CHILDS [8-V]. Poderemos

então concluir, com este autor, que depois de cessar a chuva, e partindo do movimento permanente a que corresponde a posição da superfície freática do primeiro traçado, esta superfície desce primeiro como um todo, sem apreciável mudança de forma, e depois passa a descer mais lentamente sobre os drenos.

Do conjunto dos traçados poderá também concluir-se que, para os mesmos valores de l e d , o declive médio da superfície freática é tanto maior quanto menor for a distância vertical dos drenos à camada impermeável e que, em igualdade de l e p , o declive daquela linha diminui com o diâmetro dos drenos.

Dos mesmos traçados pode ainda concluir-se quão errada é a hipótese admitida por alguns autores nas suas deduções, como já referimos, de que abaixo do nível dos drenos se não verifica movimento da água. A observação das figuras 9 a 35 permite mesmo verificar que, desde que a camada impermeável não esteja muito próxima dos drenos, a quantidade de água que no seu movimento passa abaixo daquele nível é sensivelmente igual à que o não ultrapassa, sendo praticamente uniforme a entrada de água em toda a periferia dos drenos.

A profundidade atingida pelo movimento depende, evidentemente, das condições em que ele se dá, isto é, da profundidade da camada impermeável abaixo dos drenos, da distância entre estes, etc.

De acordo com estas conclusões estão as de vários autores, como CHILDS [8], KIRKHAM [28] e GUSTAFSSON [18].

Os resultados que constam do quadro III, obtidos, pelo modo já descrito, dos traçados representados nas figuras 9 a 35, permitiram a construção das curvas que apresentamos nas figuras 41, 42 e 43, de que se torna possível tirar as seguintes conclusões:

- 1.º — Em igualdade de valor da profundidade da camada impermeável abaixo dos drenos (p) e do diâmetro destes (d), as alturas máximas atingidas pela superfície freática sobre o nível dos drenos (l) são função do valor de Q/K , sendo a sua variação aproximadamente linear (Fig. 41).

Portanto, poderemos dizer que, em igualdade de p e d :

- a) num terreno homogêneo e isotrópico (K constante) a altura atingida pela superfície freática a meio da distância entre dois drenos consecutivos (l) é tanto maior quanto maior for Q ;

b) considerando terrenos diferentes; em que penetre igual quantidade de água na unidade de tempo (K variável e Q constante), aquela altura é tanto maior quanto menor for a permeabilidade do terreno.

2.º — O diâmetro dos drenos tem influência na eficiência do sistema de drenagem.

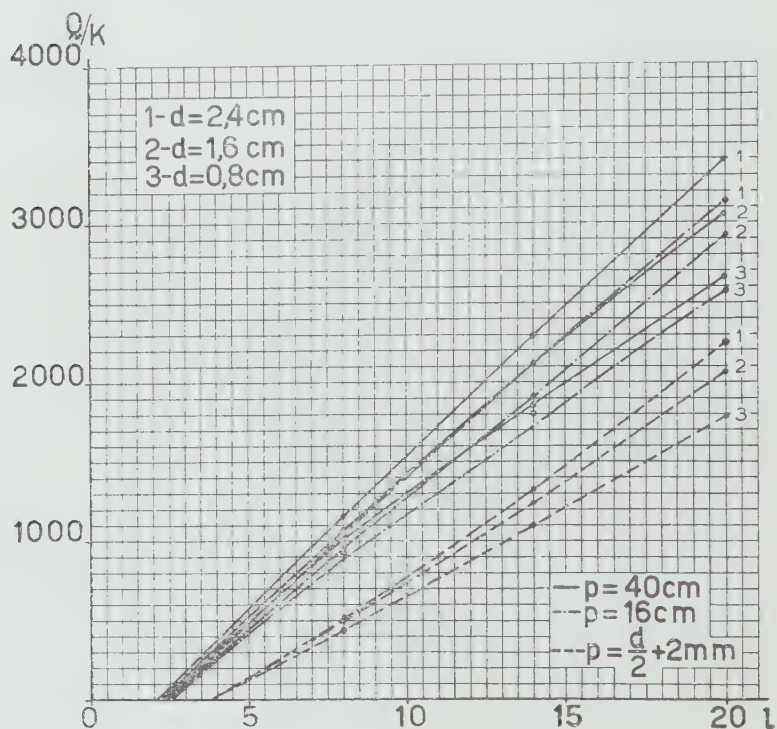


Fig. 41

Essa eficiência torna-se tanto maior quanto maior é o valor de Q/K , e portanto de l , como se pode verificar:

a) na Fig. 41, pelos maiores afastamentos entre as curvas correspondentes aos mesmos valores da profundidade da camada impermeável abaixo dos drenos (p), para diferentes valores dos seus diâmetros (d), nas ordenadas referentes aos valores mais elevados de l ;

- b) na Fig. 42, pelos maiores declives das curvas correspondentes aos valores mais elevados de l ;
- c) na Fig. 43, pelos maiores afastamentos que, para um mesmo valor de profundidade da camada impermeável (p), se verificam entre as três curvas (cada uma referente a um valor do diâmetro) que correspondem ao máximo

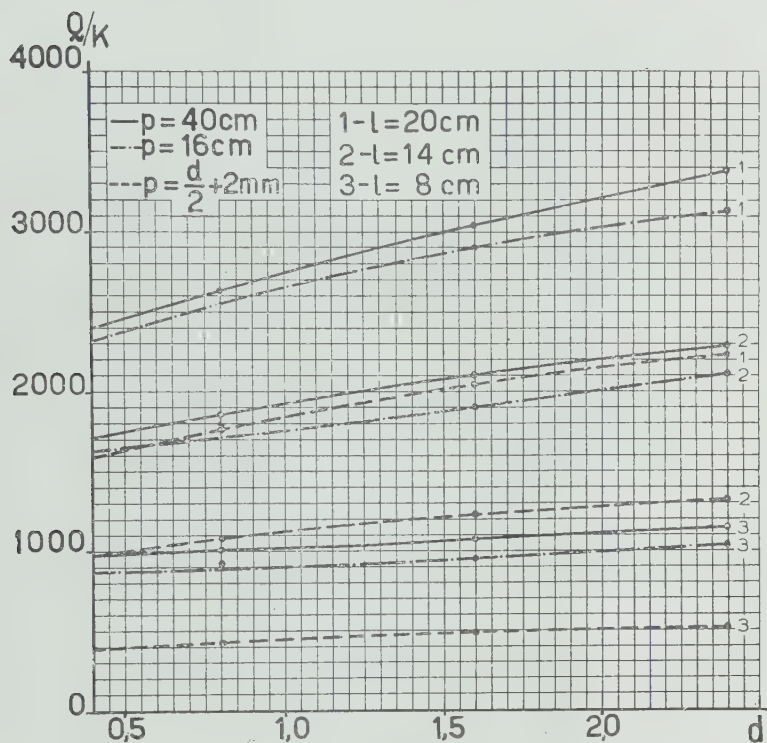


Fig. 12

valor de l , quando comparados com os que se notam para os outros dois destes valores.

A este respeito, convém ainda notar que uma observação atenta dos resultados dos ensaios realizados permitirá concluir que, de acordo com GUSTAFSSON [18], KIRKHAM [30] [31] etc., a influência do diâmetro dos drenos é muito reduzida para os valores dos diâmetros geralmente utilizados na prática. KIRKHAM [30] mostrou, tam-

bém, que seria igualmente pequena a influência da forma das secções transversais dos drenos.

- 3.º — A altura máxima atingida pela superfície freática sobre o nível dos drenos (l) é fortemente influenciada pela distância vertical a que se encontra a camada impermeável sob os drenos (p) para pequenos valores desta distância, atenuan-

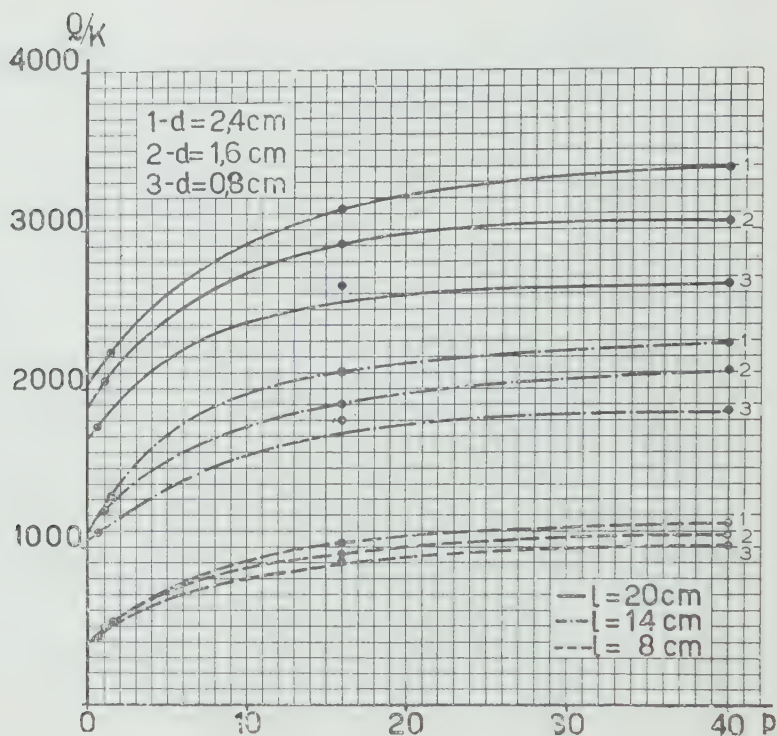


Fig. 43

do-se muito rapidamente a sua influência, mesmo para apreciáveis variações de p , quando o seu valor seja elevado.

É o que os gráficos apresentados tornam possível verificar, sobretudo a Fig. 43, pela variação de inclinação das tangentes sucessivas a qualquer das curvas nela traçadas, e é confirmado por CHILDS [8], GUSTAFSSON [18], KIRKHAM [30] [31], etc.

Desta análise dos resultados obtidos nos ensaios que realizámos (em que se procurou evidenciar as influências dos diversos factores na eficiência de um sistema de drenagem), se poderá ajuizar da importância das simplificações feitas pelos diversos autores com o fim de tornar possível a dedução de fórmulas que permitam o cálculo da distância entre drenos, cujo emprego é necessariamente limitado pelas condições especiais para que foram estabelecidas.

A este respeito notaremos que nos processos preconizados para determinar a distância entre drenos a utilizar em cada caso, a que fizemos referência no capítulo I, são praticamente sempre considerados os dois factores que de facto maior influência têm no funcionamento de um sistema de drenagem — a quantidade de água a escoar na unidade de tempo e a permeabilidade do terreno.

Mesmo nos casos em que a simplificação parece maior, como no processo preconizado por NEAL, se atende, ainda que indirectamente, à permeabilidade do terreno, e não deixa o autor de frisar que têm de ser consideradas, como factores determinantes na escolha daquela distância, as condições climatéricas locais.

No entanto, notaremos também que em nenhuma das fórmulas, a que naquele capítulo nos referimos, figura o diâmetro dos drenos, e só nalguns casos é tomada em consideração a profundidade da camada impermeável. Porém, como acabamos de ver, se o primeiro destes factores tem na realidade pequena importância se considerarmos os estreitos limites entre que variam os valores dos diâmetros dos drenos utilizados na prática, o mesmo se não poderá dizer quanto ao segundo, pois que a sua influência é bastante acentuada quando é pequena a distância vertical entre os drenos e a camada impermeável, como tantas vezes acontece.

Com o fim de tornar possível a execução dos modelos que nos permitiram aplicar o método da analogia eléctrica ao estudo da drenagem de terrenos homogéneos e isótopos, em determinadas condições, fomos levados a admitir certas hipóteses (III. 2), a que julgamos dever dedicar aqui algumas linhas.

Assim, admitimos, como têm feito vários autores no estudo de problemas semelhantes, que poderíamos abstrair da existência da franja capilar na determinação da superfície freática; ora, é evidente que desta simplificação resultaram erros nos traçados obtidos.

CHILDS [8-I,II], tendo partido da mesma hipótese nos seus primeiros ensaios, procurou depois averiguar da importância dos erros cometidos.

Para isso, realizou este investigador uma nova série de ensaios em que considerou a existência da franja capilar, limitada por uma superfície inferior — a superfície freática — sobre a qual a pressão é nula em todos os seus pontos, e por outra superior cujos pontos estão sujeitos a uma pressão negativa; a lei de distribuição dos potenciais nos pontos desta última superfície difere apenas numa constante da lei referente à superfície freática. Além disso, sendo a franja capilar uma zona do terreno em que a saturação é também completa, na segunda série de ensaios de CHILDS, a que nos estamos a referir, a superfície que a limita superiormente é considerada como sendo o limite inferior da zona em que as linhas de corrente são verticais.

Comparando os resultados destes ensaios com os obtidos nos primeiros, conclui aquele autor que o facto de desprezar o efeito da franja capilar causa pequeno erro na determinação da posição da superfície freática.

O emprego da analogia eléctrica torna ainda possível investigar, como também fez CHILDS [8-11, III], os erros cometidos em virtude de se terem admitido outras duas hipóteses — que as secções transversais dos drenos estão completamente cheias (sem contudo eles se encontrarem sob pressão) e que as linhas de corrente na zona insaturada são verticais.

Dos resultados dos ensaios daquele investigador se conclui:

Quanto à primeira das mencionadas hipóteses, que um abaixamento do nível de água dentro do dreno provoca uma diminuição sensivelmente igual na altura da superfície freática no ponto em que ela mais se eleva, isto é, a meia distância entre dois drenos consecutivos. Atendendo a que o diâmetro dos drenos é, em regra, relativamente pequeno, poderá concluir-se que o erro proveniente da aceitação da hipótese estabelecida é também pequeno.

Quanto à segunda das referidas hipóteses, e considerando solos dos tipos mais usuais, verifica-se que as linhas de corrente acima da franja capilar pouco se afastam da vertical e que, mesmo nos casos em que esse afastamento é maior, o erro introduzido pelo facto de as considerar verticais não é grande, dando-se sempre no sentido de uma maior segurança. Isto é, a admissão da hipótese poderá conduzir à conclusão de que, para determinadas condições de escoamento, a superfície freática se deveria encontrar mais elevada, mas pouco mais, do que na realidade se encontrará.

Devemos, no entanto, dizer que a realização das experiências tendentes a fazer a demonstração destas afirmações é bastante delicada.

Assim, por exemplo, para formular a última das referidas conclusões, CHILDS recorreu ao conhecimento da diferença de permeabilidade entre as zonas saturada e insaturada, realizando modelos em que a essa diferença de permeabilidade correspondia uma diferença de condutibilidade do condutor nas duas zonas, o que, como já referimos (III. 4), é sempre de delicada execução.

Também VREEDENBURGH [65] refere a possibilidade de considerar a franja capilar, e a zona que se lhe sobrepõe, na execução de experiências respeitantes ao escoamento da água em meios porosos, utilizando o método de analogia eléctrica, servindo-se para isso de tinas em que a profundidade do condutor varia de acordo com a variação de permeabilidade.

Ao emprego do método de analogia eléctrica, nos numerosos estudos em que é possível a sua aplicação, várias objecções são frequentemente feitas, tais como o facto de se tornar necessária a existência de um laboratório devidamente apetrechado e de técnicos competentes, familiarizados com a aplicação do método e com a execução de numerosos modelos para o tratamento dos diversos problemas.

Ora, quanto à necessidade de existência de um laboratório apetrechado, ela é evidentemente inerente a qualquer trabalho experimental delicado, e a presença de técnicos é igualmente imprescindível no estudo das experiências e manejo de aparelhagem de qualquer laboratório (seja qual for o método utilizado nos ensaios), bem como no manejo dos conhecimentos matemáticos indispensáveis quando se pretenda obter resultados apenas por via analítica, o que com frequência está somente ao alcance de um reduzido número de técnicos.

No que se refere à necessidade de execução de numerosos modelos no estudo das diversas questões que podem ser postas, diremos também que o mesmo sucede nas experiências laboratoriais em que outras linhas de investigação são seguidas, como, por exemplo, no tratamento do problema que nos ocupa, pelo emprego de tanques contendo porções de solos devidamente escolhidos, procurando conhecer as linhas de corrente pelo uso de corantes adequados, de modo semelhante ao descrito em III.4.

A este respeito, chamaremos ainda a atenção para o facto de ser possível executar elevado número de experiências com um reduzido número de modelos, se o estudo prévio for feito com criterioso cuidado. Assim, no trabalho que efectuámos, a obtenção dos resultados que

apresentamos foi possível com a utilização de apenas nove folhas de papel condutor (uma para cada três traçados) e uma única tina, em que foi aplicada a analogia inversa a todos os casos.

A evolução do estudo dos problemas referentes à drenagem por tubos tem sido feita seguindo diversos processos os investigadores que deles se têm ocupado.

Nos capítulos anteriores fizemos referências mais ou menos breves a vários estudos realizados, desde os de CLUTTERBUCK e DELACROIX aos mais recentes de KIRKHAM, CHILDS, GUSTAFSSON, etc.

Alguns dos autores, que ao estudo de problemas referentes ao movimento da água em solos saturados têm dedicado a sua atenção, recorrem nas respectivas deduções analíticas à construção de hodógrafos, o que não só apresenta especiais dificuldades quando aplicado ao estudo da drenagem por tubos, como nem sempre é de possível utilização.

CHILDS [8-II] refere-se ainda às dificuldades de aplicação, ao caso que nos ocupa, do *método de relaxação*, utilizado por SOUTHWELL em problemas referentes ao movimento de líquidos através de materiais porosos, devido a que a distribuição de potenciais é inicialmente conhecida apenas numa pequena parte dos limites do campo.

A este respeito diremos finalmente que, de um modo geral, é difícil o estudo da drenagem feito apenas por via analítica, não só pela apreciável soma de conhecimentos matemáticos que em regra exige, mas também porque as bases em que assenta uma dada dedução apenas permitem a aplicação dos resultados obtidos a um reduzido número de casos práticos.

Isento de dificuldades não é, também, o estudo do movimento da água em solos saturados baseado em observações feitas directamente no terreno.

Assim, a localização da superfície freática feita com o auxílio de piezómetros introduzidos no terreno, em que existe um lençol de água em movimento, só será correcta quando os fundos dos piezómetros coincidirem precisamente com essa superfície. De facto, a água subirá num piezómetro sempre à mesma altura somente quando a sua secção inferior coincidir com qualquer dos pontos que se encontrem ao mesmo potencial; portanto, ao introduzir-se um piezómetro no terreno segundo uma vertical, para que a cota atingida pela água no seu interior se mantenha, será necessário que as superfícies equipotenciais sejam verticais, o que só se verificará no caso especial do movimento ser horizontal.

Se, para as observações *in loco*, forem utilizados furos cujas paredes se deixem atravessar pela água em toda a sua extensão, também as observações serão falseadas pela perturbação que a sua própria presença provoca no escoamento. Como bem fez notar CHILDS [8-II], essa perturbação, ainda que seja localizada, dá-se precisamente em torno do ponto em que a observação é feita.

No entanto, as dificuldades de determinação do coeficiente de permeabilidade de um terreno, tal como ele se apresenta na natureza, a possível existência de zonas de diferentes permeabilidades, o facto de nunca poder haver a certeza de se terem considerado devidamente todos os factores susceptíveis de influir no movimento da água quando se faz o delineamento de uma experiência, ou se escolhem as bases em que assenta uma dedução analítica, torna inevitável o recurso a observações e ensaios *in loco* sempre que se queira resolver cuidadosamente qualquer problema prático.

Porém, os ensaios feitos no próprio terreno não só exigem bastante tempo, mas também o emprego de verbas geralmente muito avultadas.

Não será, de facto, difícil ajuizar da apreciável despesa e enorme número de observações a que obriga a escolha das características de uma rede de drenagem, para determinado terreno, recorrendo-se à instalação, numa sua parcela, de um campo experimental em que se coloquem linhas de drenos a distâncias diversas, escolhidas entre as julgadas possivelmente mais convenientes pela observação directa do terreno considerado, e à execução de diversos furos de observação, distribuídos entre as linhas de drenos, com o fim de efectuar frequentes medições.

Parece-nos, por isso, preferível reduzir os ensaios de campo ao mínimo indispensável à verificação e correcção dos resultados obtidos por outros processos de investigação.

Cremos que o recurso ao método de analogia eléctrica será, deste modo, de apreciável utilidade.

Em presença de um caso concreto poderá então proceder-se, em traços gerais, do seguinte modo:

- a) estudo pormenorizado do terreno, incluindo especialmente a observação de perfis que permitam o conhecimento das condições em que se dará o escoamento;
- b) determinação, tão rigorosa quanto possível (de preferência por ensaios de campo), do coeficiente de permeabilidade do terreno;
- c) fixação do valor da quantidade de água a escoar, por unidade de superfície e de tempo, pela cuidadosa análise dos registos

- dos postos meteorológicos mais próximos, conhecimento das culturas que irão ocupar o terreno, etc.;
- d) estudo dos resultados obtidos com redes de drenagem estabelecidas em casos análogos, de preferência na mesma região, se as houver;
 - e) execução de modelos para aplicação do método de analogia eléctrica, de acordo com as observações feitas;
 - f) realização de observações num pequeno campo experimental em que serão colocadas algumas linhas de drenos, tendo-se fixado apenas um ou dois valores para o seu afastamento e escolhida a profundidade julgada mais conveniente;
 - g) escolha das características a adoptar para a rede de drenagem, em face dos resultados das experiências realizadas no laboratório, devidamente controladas pelas observações feitas no campo.

Os estudos feitos no laboratório podem ser fortemente auxiliados pela execução de gráficos respeitantes aos casos mais simples.

Assim, se nos ensaios que realizámos não tivéssemos tido o objectivo de averiguar da influência dos diversos factores que intervêm na eficiência do sistema de drenagem, poderíamos ter executado modelos que, em escalas convenientemente escolhidas, representassem sempre o mesmo diâmetro dos drenos e a mesma profundidade da camada impermeável sob o plano horizontal em que se encontram os seus centros.

Desse modo teríamos podido traçar um conjunto de curvas que permitiria escolher a distância entre drenos em função do valor Q/K , para o que seria apenas necessário proceder a um conveniente arrumo dos resultados dos ensaios, de modo idêntico ao que a seguir se refere.

Atendendo a que, de acordo com as conclusões já mencionadas, a eficiência do sistema de drenagem não é grandemente afectada pela variação do diâmetro dos drenos e que, também, a profundidade da camada impermeável abaixo dos drenos só a partir de certo valor passa a ter influência apreciável, foram os resultados dos ensaios que realizámos utilizados, do modo que passaremos a referir, no traçado de curvas auxiliares em que se exprimiu a variação de l com Q/K , para diversos valores das distâncias entre drenos.

Considerámos, para esse fim, que os modelos utilizados nos ensaios tinham sido estabelecidos de acordo com a representação do terreno em diversas escalas, de modo a obtermos vários valores para a distância entre drenos, sendo evidente que a cada um destes corresponderiam

nos diversos modelos, e para uma mesma escala, valores diferentes de p , d e l .

Considerando as médias de todos os valores de Q/K , que figuram no quadro III, correspondentes a um mesmo valor de l nos diversos modelos (figurando, consequentemente, naquelas médias os valores correspondentes a diversas profundidades de camada impermeável e a diferentes diâmetros), foi possível traçar uma curva de variação de l em função de Q/K para cada distância entre drenos.

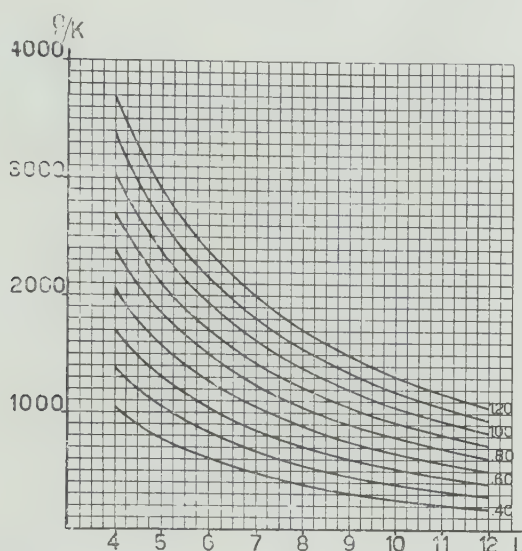


Fig. 44

Como seria certamente de aconselhar, não foram considerados para estes traçados os resultados dos ensaios em que os drenos se encontravam muito próximos da camada impermeável.

Destas curvas foi, então, possível obter os elementos necessários ao traçado das que apresentamos na Fig. 44, que permitem determinar, em função do afastamento das linhas de drenos L (expresso em metros) e de Q/K , a altura acima dos centros dos drenos (também expressa em metros) que atingirá a superfície freática no seu ponto mais elevado, isto é, a meia distância entre dois drenos consecutivos.

Pela descrição que acabamos de fazer do modo como foram obtidas estas últimas curvas, se poderá depreender como é possível, por exemplo, trabalhando sobre modelos convenientemente construídos e

fixado o valor do diâmetro a adoptar para os drenos, obter conjuntos de curvas semelhantes àquelas, correspondendo cada um deles a um valor da distância vertical entre os centros dos drenos e a camada impermeável.

A utilização de um conjunto de curvas assim obtidas será certamente vantajosa no estudo de casos práticos simples, que estejam de acordo com as condições reproduzidas pelos modelos que serviram ao seu traçado, desde que se faça o necessário controle em ensaios de campo. É ainda possível que a sua consulta se torne útil para orientação do estudo de outros casos.

Quando o problema a considerar tome aspecto mais complexo, cremos que, ainda nestes casos, o método de analogia eléctrica poderá, pelo menos, ser um bom auxiliar no seu estudo, desde que sejam utilizados modelos devidamente executados, em que tenham sido convenientemente respeitadas as condições nos limites.

Certamente, poderão esses modelos, e a respectiva montagem eléctrica, revestir aspectos muito diversos, pois que muitas são as possibilidades do método. De facto, como referimos no decorrer deste trabalho, com a sua utilização poderão ser estudados, com maior ou menor rigor, além de problemas a que correspondem modelos de relativa simplicidade de execução, como aquele de que nos ocupamos, outros em que se consideram abrangidas as zonas saturadas e não saturadas de um terreno, bem como aqueles que se referem a solos anisótipos ou em que existem várias camadas de diferentes permeabilidades, etc.

Ao terminarmos estas considerações sobre as possibilidades e vantagens do método, não deixaremos de fazer novamente referência ao facto de ele permitir a obtenção dos traçados completos das redes de escoamento, pelo emprego das analogias directa e inversa, o que constitui mais uma das suas apreciáveis vantagens.

OBRAS CITADAS

- ARONOVICI, V. S. and W. W. DONNAN
- [1] 1946 Soil Permeability as a Criterion for Drainage Design. *Trans. Amer. Geophys. Union.* 27:95-102.
- AYRES, Q. C. and D. SCOATES
- [2] 1939 *Land Drainage and Reclamation*. 2d ed.; 4th impr. McGraw-Hill Book Co., Inc.; New York and London.
- BOURRIER, JEAN
- [3] 1951 Remarques sur l'évolution de la vitesse de filtration par unité de pente d'un sol au cours d'une période d'irrigation. *Congr. de la Commission Internationale du Génie Rural à Rome*.
- BRIGGS, L. J. and J. W. McLANE
- [4] 1907 The Moisture Equivalent of Soils. *U. S. Dept. Agr. Bur. Soils Bull.* 45:1-23.
- BUCKINGHAM, E.
- [5] 1907 Studies of Movement of Soil Moisture. *U. S. Dept. Agr. Bur. Soils Bull.* 38:1-61.
- CAPPER, P. L. and W. F. CASSIE
- [6] 1949 *The Mechanics of Engineering Soils*. 1st publish. E. & F. N. Spon; London.
- CASAGRANDE, ARTHUR
- [7] 1937 Seepage through Dams. *New England Water Works Association.* 51:131-172.
- CHILDS, E. C.
- [8] 1943 The Water Table, Equipotentials, and Streamlines in Drained Land: I. *Soil Sci.* 56:317-330.
- 1945 The Water Table, Equipotentials, and Streamlines in Drained Land: II. *Soil Sci.* 59:313-327.
- 1945 The Water Table, Equipotentials, and Streamlines in Drained Land: III. *Soil Sci.* 59:405-415.
- 1946 The Water Table, Equipotentials, and Streamlines in Drained Land: IV. Drainage of Foreign Water. *Soil Sci.* 62:183-192.
- 1947 The Water Table, Equipotentials, and Streamlines in Drained Land: V. The Moving Water Table. *Soil Sci.* 63:361-376.
- 1951 The Water Table, Equipotentials, and Streamlines in Drained Land: VI. The Rising Water Table. *Soil Sci.* 71:233-237.

CHILDS, E. C. and N. COLLIS-GEORGE

- [9] 1950 The Control of Soil Water. *Advances in Agronomy*. Vol. II (A. G. Norman). Academic Press Inc., Publishers; New York.

CHRISTIANSEN, J. E.

- [10] 1947 Some Permeability Characteristics of Saline and Alkali Soils. *Agric. Eng.* 28:147-153.

COSTA, J. V. BOTELHO DA

- [11] 1951 *A Agua no Solo*. Lisboa. (Dactilografado).

DELLENBACH, P.

- [12] 1947 Des effets de l'irrigation sur la permeabilité des sols irrigués par le Syndicat du Canal d'irrigation de Canet (Hérault). *Congr. Int. de Pédologie Méditerranéenne*. Montpellier.

DE MARCHI, GIULIO

- [13] 1948 *Nozioni di Idraulica con particolare riguardo ai problemi delle bonifiche e delle irrigazioni*. Edizioni Agricole; Bologna.
- [14] 1950 *Idraulica* (Basi scientifiche e applicazioni Tecniche). Vol. I, Parte II. Ulrico Hoepli; Milano.

DONNAN, W. W.

- [15] 1946 Model Tests of a Tile Spacing Formula. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 11:131-136.

DUPUIT, J.

- [16] 1863 *Études théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux découverts et a travers les terrains perméables*. 2^e ed. Dunod; Paris.

FAURE, L.

- [17] 1903 *Drainage et assainissement agricole des terres*. Ch. Béranger; Paris.

GUSTAFSSON, YNGUE

- [18] 1946 Untersuchungen über die Strömungsverhältnisse in gedräntem Boden. *Acta Agr. Suecana* 2:1-157.

HAHN, E.

- [19] 1927 Méthode expérimentale pour la résolution des équations du mouvement des fluides. *Rev. Gén. Élect.* 21 (13): 485-489.

HALLER, P.

- [20] 1947 Application de l'analogie électrique à l'étude des grilles d'aubes. *Bull. Tech. Suisse Romande*. 73^e année N.º 3:25-30.

HARDING, S. W. and J. K. WOOD

- [21] 1941 Model Tests of Flow into Drains. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 6:117-119.

HERVÉ MANGON

- [22] 1853 *Études sur le drainage au point de vue pratique et administratif*. Dusacq, Libr. Agr. Maison Rustique; Paris.

HOOGHOUDT, S. B.

- [23] 1937 Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond. *Verslag. Landbouwk. Onderzoek*. 43 (13) B:461-676. Bodemkund. Inst.; Groningen.

ISRAELSEN, O. W.

- [24] 1950 *Irrigation Principles and Practices*. 2d ed. John Wiley & Sons, Inc., New York; Chapman & Hall, Limited, London.

ISRAELSEN, O. W. and R. C. REEVE

- [25] 1944 Canal Lining Experiments in the Delta Area, Utah. *Utah Agr. Expt. Sta. Bul.* 313.

JONES, L. A.

- [26] 1929 Farm Drainage. *U. S. Depart. Agr. Farmer's Bulletin*, N.º 1606: 1-24.

KEEN, B. A.

- [27] 1927 The Limited Role of Capillarity in Supplying Water to Plant Roots. *Proc. 1st Int. Congr. Soil Sci.*, Washington, 1:504-511.

KIRKHAM, DON

- [28] 1940 Pressure and Streamline Distribution in Water-logged Land Overlying an Impervious Layer. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 5:65-68.
- [29] 1945 Proposed Method for Field Measurement of Permeability of Soil Below the Water Table. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 10:58-68.
- [30] 1947 Reduction in Seepage to Soil Underdrains Resulting from their Partial Embedment in, or Proximity to, an Impervious Substratum. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 12:54-59.

- [31] 1949 Flow of Ponded Water into Drain Tubes in Soil Overlying an Impervious Layer. *Trans. Amer. Geophys. Union.* 30:369-385.
- [32] 1950 Potential Flow into Circunferential Openings in Drain Tubes. *Jour. Appl. Phys.* 21:655-660.

KIRKHAM, DON and C. H. M. VAN BAVEL

- [33] 1948 Theory of Seepage into Auger Holes. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 13:75-82.

LÉVY-SALVADOR, P. et P. FRICK

- [34] 1923 *Hydraulique Agricole* — Livre III, 5^e partie: Eaux nuisibles. 2^e ed., Dunod; Paris.

LEWIS, W. T. O.

- [35] 1946 Potential Flow Apparatus. *Aeronautics.* 15 (5):29-34.

MALAVARD, LUCIEN

- [36] 1934 Application des analogies électriques à la solution de quelques problèmes de l'Hydrodynamique. *Publ. Scient. et Tech. du Min. de l'Air.* Fasc. 57.
- [37] 1945 *La technique des analogies rhéoelectriques.* Institut Blaise Pascal, C. N. R. S., Paris (Ciclostilo).

MAYER, RUY

- [38] 1945 *A Técnica do Regadio.* Coleção «A Terra e o Homem» n.º 2, Sá da Costa; Lisboa.

MUSKAT, M.

- [39] 1946 *The Flow of Homogeneous Fluids through Porous Media.* 1st ed.; 2d print. J. W. Edwards, Inc.; Ann Arbor, Michigan.

NEAL, J. H.

- [40] 1934 Proper Spacing and Depth of Tile Drains Determined by the Physical Properties of the Soil. *Univ. of Minn. Techn. Bull.* 101:1-62.

NICHOLSON, H. H.

- [41] 1946 *The Principles of Field Drainage.* 1st ed., reprint. University Press; Cambridge.

O'NEAL, A. M.

- [42] 1949 Soil Characteristics Significant in Evaluating Permeability. *Soil Sci.* 67:403-408.

PAVLOVSKY, N. N.

- [43] 1922 *Theory of Groundwater Flow under Hydrotechnical Structures and its Principal Application*. Leningrad.

PÉRÈS, J. et L. MALAVARD

- [44] 1938 La méthode d'analogies rhéographiques et rhéométriques. *Bull. Soc. Franc. Électriciens*. 5^e Série (Tome VIII) n.º 92:715-747.

PICKELS, G. W.

- [45] 1925 *Drainage and Flood-control Engineering*. 1st ed.; 4th impr. McGraw-Hill Book Co., Inc.; New York and London.

PORCHET, MARCEL

- [46] 1923 *Étude sur l'écoulement souterrain des eaux*. (Thèse). Imprimerie Crété, Corbeil.

PUPPINI, UMBERTO

- [47] 1922 Modelli elettrolitici per lo studio dei fatti di filtrazione. *Monitore tecn.* 1922; *Accad. Scienze dell'Istituto di Bologna*. 1921-22.

REEVE, R. C. and M. C. JENSEN

- [48] 1949 Piezometers for Ground-water Flow Studies and Measurement of Subsoil Permeability. *Agric. Eng.* 30:435-438.

REGAMEY, PIERRE

- [49] 1943 *Étude de quelques écoulements souterrains et superficiels dans les sols assainis*. Imprimerie La Concorde; Lausanne.
- [50] 1945 Quelques mouvements de l'eau dans les sols assainis. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.* 63 (n.º 264):17-34

RISLER, E. et G. WERY

- [51] 1922 *Drainage et assainissement des terres*. 4^e ed. Encyclopédie agricole. J.-B. Baillière et Fils; Paris.

ROE, H. B.

- [52] 1950 *Moisture Requirements in Agriculture*. 1st ed. McGraw-Hill Book Co., Inc.; New York, Toronto, London.

ROE, H. B. and J. K. PARK

- [53] 1944 A Study of the Centrifuge Moisture Equivalent as an Index of the Hydraulic Permeability of Saturated Soils — A Progress Report. *Minn. Agr. Expt. Sta., Sci. Jour. Ser. Paper* 2166.

ROTHER, J.

- [54] 1924 Die Strangentfernung bei Dränungen. *Landw. Jahrb.* 59:453-490.

RUSSELL, J. L.

- [55] 1934 Scientific Research in Soil Drainage. *Jour. Agr. Sci.* 24:544-573.

RUSSELL, M. B.

- [56] 1942 The Utility of the Energy Concept of Soil Moisture. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 7:90-94.

SAMSIOE, A. F.

- [57] 1931 Einfluss von Rohrbrunnen auf die Bewegung des Grund-Wassers. *Z. f. angew. Math. u. Mech.* N.º 2.

SCHOFIELD, R. K.

- [58] 1935 The pF of the Water in Soil. *Trans. 3rd Int. Cong. Soil Sci.* 2:37-48.

SCHWAB, G. O. and D. KIRKHAM

- [59] 1951 The Effect of Circular Perforations on Flow into Subsurface Drain Tubes. *Agric. Eng.* Part I — 32:211-214; Part II — 32:270-274.

SLATER, C. S.

- [60] 1950 The Depth and Spacing of Tile Drains. *Agric. Eng.* 31:448-450.

TAVEIRA, A. A. SOUSA

- [61] 1949 *Permeabilidade dos materiais aquíferos. Sua determinação.* Porto.

TERZAGHI, KARL

- [62] 1945 *Mecánica teorica de los suelos.* Trad. de la edición en inglés por Roberto E. Fontan. Ediciones Acme Agency, Soc. de Resp. Lda.; Buenos Aires.

VAN BAVEL, C. H. M. and D. KIRKHAM

- [63] 1948 Field Measurement of Soil Permeability Using Auger Holes. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 13:90-96.

VAN VLACK, C. H. and R. A. NORTON

- [64] 1944 Tile Drainage for Increased Production. *Iowa State College Bull.* P65:147-175.

VREEDENBURGH, C. G. J.

- [65] 1936 Electric Investigation of Underground Water Flow Nets. *Proc. Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng.* Vol. 1, N.º K-1.

WYCKOFF, R. D. and D. W. REED

- [66] 1935 Electrical Conduction Models for the Solution of Water Seepage Problems. *Physics*, 6:395-401.

YARNELL, D. L. and S. M. WOODWARD

- [67] 1920 The Flow of Water in Drain Tile. *U. S. Dept. Agr. Bull.* 854: 1-49.

Anais do Instituto Superior de Agronomia

Correspondência

Todos os assuntos respeitantes à distribuição dos ANAIS, em particular os relativos à permuta, são da competência do

Correspondance

Les sujets en rapport avec la distribution des ANAIS, en particulier ceux qui concernent l'échange, sont de la compétence du

Correspondence

All the matters dealing with the distribution of the ANAIS, especially those referring to the exchange, concern the

Korrespondenz

In allen den Versand und insbesondere den Austauschverkehr der ANAIS betreffenden Angelegenheiten ist zuständig:

Director da Biblioteca do Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal.

A restante correspondência deve ser endereçada à

Toute autre correspondance doit être adressée à la

Correspondence on other subjects shall be addressed to the

Die übrige Korrespondenz richtet man an die

Comissão de Redacção dos Anais, Biblioteca do Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal.

VOLUMES À VENDA

Na Contabilidade do Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal, encontram-se à venda, pelos preços indicados, os seguintes volumes:

Vol. I, 2. ^a edição	35\$00*
Vol. X	40\$00
Vol. XI	35\$00
Vol. XII, fasc. 1. ^o	30\$00
Vol. XII, fasc. 2. ^o	60\$00
Vol. XIII	30\$00
Vol. XIV	70\$00
Vol. XV	30\$00
Vol. XVI	25\$00
Vol. XVII	50\$00
Vol. XVIII	45\$00

